

SÉRIE A, N° 784

N° D'ORDRE : 1571

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

JEAN DANIEL

SOUS-LIEUTENANT AU 28^e D'ARTILLERIE

1^{re} THÈSE. — INFLUENCE DU MODE DE VIE SUR LA STRUCTURE SECONDAIRE DES DICOTYLÉDONES.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

La soutenance de cette thèse n'a pu avoir lieu, M. Jean Daniel est tombé au champ d'honneur le 24 septembre, en Champagne. On trouvera ci-inclus le procès-verbal spécial du jury qui, après l'examen de la thèse imprimée, déclare que M. Jean Daniel aurait été digne du grade de Docteur ès-sciences.

MM. GASTON BONNIER ... *Président.*

HAUG. } *Examineurs.*
HÉROUARD. }



RENNES

IMP. DES ARTS & MANUFACTURES, 22, RUE DE NEMOURS

1915



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552830_0031

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

Monsieur Jean Daniel, sous-lieutenant d'artillerie, est tombé au champ d'honneur, en Champagne, le 24 septembre 1915, alors qu'il venait de donner le dernier bon à tirer de la thèse qu'il devait soutenir devant la Faculté des Sciences de Paris, en vue d'obtenir le grade de Docteur ès-sciences naturelles. Monsieur Jean Daniel a été cité à l'ordre du jour du corps d'armée le 6 octobre 1915.

Les Professeurs soussignés, Membres du Jury, désignés pour cette soutenance, se sont réunis le 18 décembre 1915 pour examiner la thèse imprimée, dont le manuscrit avait été accepté par eux dans une première délibération suivie du permis d'imprimer donné par Monsieur le Vice-Recteur, en date du 1^{er} juin 1915,

Le Président du Jury a donné de nouveau lecture de son rapport préliminaire, daté du 31 mai 1915, et a exposé en détail les résultats principaux acquis par Monsieur Jean Daniel. L'importance et le grand intérêt de ce travail ont été appréciés par tous les membres du Jury.

Les soussignés ont été unanimes à reconnaître que cette thèse aurait mérité la plus haute mention que la Faculté puisse décerner.

En conséquence, les Membres du Jury déclarent que Monsieur Jean Daniel aurait été digne du grade de Docteur ès-sciences naturelles.

Paris, 18 décembre 1915.

Signé : E. HAUG.

HÉROUARD.

Le Président : GASTON BONNIER.

Lu et approuvé :

Le Doyen,

APPELL.

Pour copie conforme :

Le Secrétaire,

D. TOMBECK.

SÉRIE A, N° 784

N° D'ORDRE : 1571

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

JEAN DANIEL

SOUS-LIEUTENANT AU 28^e D'ARTILLERIE



1^{re} THÈSE. — INFLUENCE DU MODE DE VIE SUR LA STRUCTURE SECONDAIRE DES DICOTYLÉDONES.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

La soutenance de cette thèse n'a pu avoir lieu, M. Jean Daniel est tombé au champ d'honneur le 24 septembre, en Champagne. On trouvera ci-inclus le procès-verbal spécial du jury qui, après l'examen de la thèse imprimée, déclare que M. Jean Daniel aurait été digne du grade de Docteur ès-sciences.

MM. GASTON BONNIER . . .	Président.
HAUG.....	} Examineurs.
HÉROUARD.	



RENNES

IMP. DES ARTS & MANUFACTURES, 22, RUE DE NEMOURS

1915

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

<i>Doyen</i>	P. APPELL, <i>Profess.</i>	Mécanique analytique et Mécanique céleste.
<i>Doyen honoraire</i>	G. DARBOUX —	Géométrie supérieure.
<i>Professeurs honoraires</i>	} CH. WOLF. J. RIBAN.	
	LIPPMANN.....	Physique.
	BOUTY.....	Physique.
	BOUSSINESQ.....	Physique mathém. et calcul des probabilités.
	PICARD.....	Analyse supérieure et algèbre supérieure.
	Y. DELAGE.....	Zoologie, anatomie, physiologie comparée.
	GASTON BONNIER ..	Botanique.
	DASTRE.....	Physiologie.
	KENIGS.....	Mécanique physique et expérimentale.
	VÉLAIN.....	Géographie physique.
	GOURSAT.....	Calcul différentiel et calcul intégral.
	HALLER.....	Chimie organique.
	JOANNIS.....	Chimie (Enseignement P. C. N.)
	JANET	Physique.
	WALLERANT	Minéralogie.
	ANDOYER.....	Astronomie.
	PAINLEVÉ.....	Mécanique rationnelle.
	HAUG.....	Géologie.
<i>Professeurs</i>	HOUSSAY.....	Zoologie.
	H. LE CHATELIER.	Chimie.
	GABRIEL BERTRAND	Chimie biologique.
	M ^{me} P. CURIE.....	Physique générale.
	CAULLERY.....	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
	C. CHABRIÉ.....	Chimie appliquée.
	G. URBAIN.....	Chimie.
	EMILE BOREL.....	Théorie des fonctions.
	MARCHIS.....	Aviation
	JEAN PERRIN.....	Chimie physique.
	G. PRUVOT.....	Zoologie, anatomie, physiologie comparée.
	MATRUCHOT. z	Botanique.
	ABRAHAM.....	Physique.
	CARTAN.....	Calcul différentiel et calcul intégral.
	CL. GUICHARD....	Mathématiques générales.
	MOLLIARD.....	Physiologie végétale.
	N ^o	Application de l'analyse à la géométrie.
	N ^o	Histologie.
	PUISEUX.....	Mécanique et astronomie.
	LEDUC.....	Physique.
	MICHEL.....	Minéralogie.
	HÉROUARD.....	Zoologie.
	LÉON BERTRAND...	Géologie.
<i>Professeurs adjoints</i> ...	RÉMY PERRIER....	Zoologie (Enseignement P. C. N.).
	COTTON.....	Physique.
	LESPIEAU.....	Chimie.
	GENTIL.....	Pétrographie.
	SAGNAC.....	Physique (Enseignement P. C. N.).
	PEREZ.....	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
<i>Secrétaire</i>	D. TOMBECK.	

À

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR A LA SORBONNE

À

M. Lucien DANIEL

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE RENNES

Hommage de respectueuse affection.

INTRODUCTION

Dans le présent travail, je me suis proposé d'abord de rechercher si l'on peut d'une façon sûre reconnaître, chez les Dicotylédones, l'âge de l'axe ou de ses ramifications par le nombre des couches ligneuses secondaires concentriques que ces parties présentent sur leur coupe transversale.

Au premier abord, le sujet pouvait paraître élucidé puisque, dans les traités classiques de Botanique, on désigne les couches concentriques ligneuses sous le nom de couches annuelles, et que, légalement, l'âge d'une coupe de bois est donné par leur nombre chez les tailles.

Les recherches que je vais exposer ici montreront que cette notion généralement acceptée repose sur de simples approximations et sur des structures dont la constance n'est pas prouvée. En effet, après avoir étudié les arbres et leurs différentes branches, qui m'avaient déjà donné des résultats intéressants, j'ai porté mes investigations sur des plantes herbacées, encore à peine étudiées à ce point de vue spécial ; je me suis efforcé de voir sur les tissus l'inscription des adaptations écologiques ou des rythmes de végétation spécifiques, dans un grand nombre d'espèces. Ayant constaté des variations très étendues et très instructives dans la forme, la structure et la disposition des couches concentriques des bois secondaires chez ces plantes ainsi que dans les péridermes, j'ai cherché s'il était possible d'en reproduire les particularités en faisant agir, au cours du développement de chacune d'elles divers facteurs morphogéniques, comme le font utilitairement l'agriculteur et l'horticulteur. Autrement dit, après avoir constaté des phénomènes de structure héréditaire et écologique tels qu'ils se produisent dans la nature,

j'ai essayé d'en déterminer la genèse par la méthode comparative expérimentale.

Pour faciliter les descriptions et les justifier, j'ai multiplié les figures. Les dessins ont tous été pris à la chambre claire avec un soin méticuleux. Les phototypies sont une reproduction des coupes les plus caractéristiques que j'ai faites. Ce sont ainsi des documents contrôlables et des matériaux d'étude précis. Je n'ai publié aucun dessin établi en reproduisant à la chambre claire les éléments saillants de la coupe et en schématisant plus ou moins les tissus intermédiaires. Je suis en effet de l'avis de Charles Oberthür, le savant lépidoptériste rennais : « En sciences naturelles, il ne peut y avoir de bonnes descriptions sans figures. » Mais j'ajouterai que ces figures doivent être rigoureusement exactes.

Mes recherches ont été faites au Laboratoire de Botanique appliquée de la Faculté des Sciences de Rennes, avec les conseils et sous la direction de mon père, le professeur Lucien Daniel. Le sujet que j'ai traité est le développement de celui que j'ai présenté en Sorbonne pour obtenir le diplôme d'Etudes supérieures et qui me fut donné par le professeur Gaston Bonnier, de l'Institut, sur la demande de mon père qui fut son élève. En lui adressant mes respectueux remerciements, je traduis donc un double sentiment de reconnaissance.

Après avoir fait un rapide historique de la question, je diviserai ce travail en deux parties :

La première sera consacrée à l'étude des structures secondaires provenant du cambium et du phellogène chez les Dicotylédones venues dans les conditions normales, c'est-à-dire ayant rencontré au cours de leur développement les facteurs écologiques habituels, ne troublant en rien leurs rythmes de végétation spécifiques héréditaires.

La deuxième concernera les modifications provoquées systématiquement dans ces structures par divers facteurs morphogéniques qui, par la production progressive ou brusque de déséquilibres de nutrition à seuils d'intensité et de durée suffisants, font varier ces rythmes de végétation et retentissent sur les tissus d'origine secondaire ou tertiaire.

HISTORIQUE

Les phénomènes concernant la croissance en épaisseur et la structure anatomique des végétaux ont depuis longtemps attiré l'attention des naturalistes et l'on sait quelles discussions furent soulevées par les hypothèses de Malpighi (1) sur la transformation du liber en bois ; de Grew (2) sur le cambium ; de La Hire (3) sur l'individualité des bourgeons ; d'Agardh (4) et de Gaudichaud (5) sur l'individualité des feuilles.

La présence de couches concentriques dans les bois secondaires d'un grand nombre d'arbres usuels et la concordance du nombre de ces couches avec leur âge sont des faits observés sûrement depuis la plus haute antiquité. Pourtant il n'en est pas fait mention dans les écrits des auteurs arabes, grecs et romains traitant d'Histoire Naturelle ou d'Agriculture. Pline (6) parle bien des dimensions extraordinaires de certains arbres et il cite une poutre de Méléze de 120 pieds de long et de deux pieds de large : « Quand on calculait, dit-il, quelle avait été la hauteur de la cime de cet arbre, on trouvait une évaluation à peine croyable. » Mais il ne dit rien du procédé de calcul qui servait à cette époque pour mesurer la hauteur d'un arbre dont on connaissait seulement la longueur d'une portion du tronc.

C'est à Malpighi que l'on attribue en général la découverte de la relation existant entre l'âge des arbres et le nombre des couches concentriques de leurs bois secondaires. Cette observation avait été faite bien longtemps avant lui et elle existait sûrement depuis longtemps à l'état de tradition populaire, ainsi qu'on peut en juger par ce que rapporte Montaigne (7). Dans un voyage en Italie qu'il fit en 1628, avant la naissance de Malpighi par conséquent, le célèbre écrivain français raconte

qu'un ouvrier lui fit constater comment, d'après les cercles des bois, l'on pouvait « juger combien d'ans avait l'arbre et dans quelle situation il poussait, car la partie qui regarde le septentrion est plus étroite et a les cercles plus serrés et plus denses que l'autre. »

En 1748, ce procédé de détermination de l'âge des arbres fut employé par Adanson, dans son Voyage aux Canaries. Ayant appris que des naturalistes anglais avaient, 300 ans auparavant, gravé une inscription sur un Baobab de grandes dimensions, il fit entailler le bois en cet endroit, et retrouva l'inscription couverte de 300 couches concentriques. Ainsi était pour lui démontrée la parfaite concordance entre l'âge et le nombre des couches concentriques ligneuses chez les plantes (8).

C'est à Duhamel du Monceau (9) que l'on doit les premières études détaillées et méthodiques sur ce point. Il indique que « les couches ligneuses que l'on aperçoit si sensiblement sur la coupe de certains arbres ne sont pas toutes d'une même épaisseur. Cette inégalité d'épaisseur dépend : 1° De l'âge de l'arbre, la sève d'un gros arbre ayant à se distribuer à un plus grand nombre de parties, les couches sont plus minces ; 2° De la vigueur de l'arbre, celui qui sera planté en terrain gras produira des couches plus épaisses que celui qui sera planté en terrain maigre ; 3° Enfin cette inégalité d'épaisseur dépend aussi souvent de l'état des saisons et de la durée de la sève ; dans une année favorable à la végétation, les couches seront une fois plus épaisses que dans les années très sèches ou très froides. »

C'est aussi lui qui a le premier décrit et figuré ce qu'on a appelé l'emboîtement des cônes. « Les couches ligneuses, dit-il, peuvent se comparer à des cônes qui se recouvrent les uns les autres ; le diamètre des arbres augmente tous les ans de deux épaisseurs de couches ». Par là, Duhamel voulait parler de ce qu'on a depuis désigné sous les noms de bois de printemps et de bois d'automne.

Le fait que les couches annuelles peuvent être plus épaisses d'un côté que de l'autre (dorsiventralité) était, de son temps, utilisé par les jardiniers pour redresser les jeunes arbres « en

forçant les couches ligneuses à s'étendre d'un côté plus que de l'autre, à l'aide d'incisions placées d'une certaine façon ».

Non seulement Duhamel a indiqué que les branches et les racines ont la même structure que les troncs et que leur âge peut se déterminer de la même manière, mais il est le premier à avoir étudié, d'une façon sommaire vu les procédés d'investigation dont il disposait, l'influence du milieu sur la production et la structure des couches concentriques ligneuses.

Au XVIII^e siècle, Daubenton, puis Desfontaines signalèrent d'importantes différences dans la structure anatomique des Dicotylédones et des Monocotylédones.

Pour Desfontaines (10), les Dicotylédones seules possèdent des couches concentriques ligneuses avec des rayons médullaires et elles s'accroissent par apposition de couches nouvelles à l'extérieur tandis que les Monocotylédones n'ont ni couches concentriques, ni rayons médullaires et leurs éléments naissent au centre de la tige de telle façon que leur croissance se fait d'une façon inverse de celle des Dicotylédones. A cette erreur qu'avait faite aussi Daubenton au sujet de la croissance en épaisseur des plantes, il manquait des termes pour la consacrer : ce fut Auguste-Pyrame de Candolle qui les donna en divisant ces végétaux en Exogènes et en Endogènes (1819). Il serait inutile de signaler cette inexactitude fondamentale si elle ne se retrouvait encore dans des ouvrages descriptifs tout récents, d'ailleurs excellents à d'autres points de vue, comme la « *Flore de l'Ouest de la France* », par exemple (11).

Desfontaines, qui doit être considéré comme le véritable fondateur de l'anatomie appliquée à la classification végétale, fut mieux inspiré quand, à l'aide de cette science nouvelle, il résolut un certain nombre de problèmes taxinomiques que l'on n'avait pu jusqu'alors élucider par les données de la morphologie externe. Il y avait alors beaucoup de plantes considérées comme « *incertæ sedis* » par les meilleurs botanistes descripteurs. Ainsi Linné et Gaertner plaçaient les *Cereus* dans les Monocotylédones ; Gaertner et de Jussieu faisaient rentrer les Aristoloches également dans les Monocotylédones. Desfontaines, ayant trouvé chez toutes ces plantes des couches concen-

triques ligneuses et des rayons médullaires, les rangea dans les Dicotylédones et son opinion a prévalu depuis, parfaitement justifiée par les études modernes.

La voie ainsi heureusement tracée par le botaniste breton devait être particulièrement féconde. Elle fut suivie par de nombreux savants qui établirent bientôt que si les caractères indiqués par Desfontaines s'appliquaient à la majorité des Phanérogames, celles-ci présentaient cependant des anomalies variées et très importantes. Divers anatomistes signalèrent les structures particulières des bois de Conifères (12), de certaines Sapindacées (13), Bignoniacées (14), Malpighiacées (15), Ménispermées, Aristolochiées (16) et des Bauhinia (17). Mais tous ces auteurs semblent avoir considéré que l'exception confirme la règle et c'est ainsi que Richard conclut par cette affirmation, restée classique :

« On peut en général reconnaître l'âge d'un arbre par le nombre des couches de bois et d'aubier qui composent sa tige ».

Il faut remarquer que ces auteurs ne s'étaient occupés que des arbres et des lianes. Et il en avait été de même pour A. P. de Candolle (18) qui s'est longuement étendu sur la question que j'ai à traiter ici. S'il parle de plantes annuelles, bisannuelles et vivaces, et s'il indique que des végétaux annuels (*Zylla myagroides*, *Reseda odorata*) peuvent se transformer en plantes à tiges persistantes et ligneuses, il ne dit rien de leur structure et du nombre des couches concentriques ligneuses qu'elles peuvent présenter. Mais l'éminent botaniste a étudié avec soin les couches concentriques ligneuses chez les arbres, les variations de l'accroissement du bois et leurs causes probables, ainsi que les rythmes de croissance de certains arbres. Il a décrit une méthode qui permettrait, à son avis, de déterminer sur la section d'un arbre coupé au niveau du collet, à la fois les lois de l'accroissement en diamètre de celui-ci et son âge. Pour cela, il suffit de mesurer la circonférence du tronc à diverses époques et on déduit de la différence l'accroissement annuel du diamètre. Connaissant celui-ci, on a l'âge de l'individu par une simple règle de trois, abstraction faite de l'erreur résultant de

l'accroissement plus rapide de la jeunesse. Et il cite même des formules, dues à Otto (19), applicables à l'art forestier.

Pour de Candolle, dans la limite de ses observations sur les arbres centenaires, « rien dans la progression de l'accroissement des vieux arbres dicotylédones n'annonce la caducité, et chaque année ils grossissent d'une quantité qui peut bien être inférieure à celle de leur jeunesse, mais qui ne paraît pas aller en diminuant à partir d'une certaine époque ». C'est là une opinion qui ne concorde pas avec celle de Duhamel du Monceau, et qui est inexacte d'ailleurs, ainsi qu'on va le voir.

Il admet également, d'après Knight (20), que la dureté relative de l'écorce influe sur la production du bois. Cette opinion reproduite plus tard par Sachs, Hugo de Vries, etc., est abandonnée aujourd'hui par la majeure partie des physiologistes, depuis que les recherches de Krabbe (21), très précises, ont montré qu'il n'y a pas d'augmentation progressive de la pression de l'écorce au cours de la végétation annuelle des arbres. Cela ne veut pas dire cependant que la pression artificiellement exercée sur l'écorce ne contrarie pas la formation du bois, ce qui est démontré par l'expérience.

Dutrochet (22), dans ses mémoires, rapporte une observation intéressante. Ayant étudié les souches et les racines de l'*Abies pectinata* coupées et restées dans le sol, il constata que, malgré la décapitation au collet, ces Conifères continuaient à vivre et à s'accroître en épaisseur pendant de longues années, en formant un bourrelet. Sur la section de celui-ci, il compta, à la loupe, 92 couches concentriques et il en conclut que l'arbre avait été abattu depuis 92 ans. Or les premières couches du bourrelet étaient les plus épaisses et visibles à l'œil nu ; les suivantes allaient insensiblement en diminuant d'épaisseur et les plus extérieures ne se distinguaient qu'à sa loupe. Cette disposition était pour lui le contraire de celle qui existe chez les arbres normaux qui, « avançant en âge, offrent des couches ligneuses de plus en plus épaisses ».

Un peu plus tard, on s'aperçut que, contrairement à l'opinion de Candolle et de Dutrochet, un vieil arbre grossit de moins en moins et donne des couches annuelles de plus en plus

minces. C'est ainsi que chez les fameux *Sequoia* géants de l'Amérique du Nord, on a observé que les couches deviennent à croissance régulière à partir du tiers environ de la distance de l'écorce au centre et que près de l'écorce les couches sont aussi minces que du papier. L'on se fera une idée de l'incertitude qui règne quant à l'appréciation de l'âge par le nombre des couches concentriques ligneuses en constatant que les uns ont donné 4.000 ans d'âge et d'autres 1.500 ans à ces Conifères ! Une méthode qui aboutit à de tels écarts est bien peu scientifique.

Adrien de Jussieu (23) apporte lui aussi des documents de même ordre : « Dans les derniers arbres qu'on trouve en se rapprochant des pôles, dit-il, les couches annuelles peuvent se distinguer encore, mais sont d'une extrême ténuité ». Il critique en même temps l'opinion populaire, rapportée par Montaigne, et relative à la dorsiventralité des couches dans le sens sud-nord. En réalité, selon lui, l'action des points cardinaux est nulle et le phénomène est dû à des influences purement locales, soit à ce que l'éclairement est inégal sur les deux faces, soit à ce que les racines trouvent un sol plus riche d'un côté que de l'autre.

Dès l'instant que l'épaisseur de la couche ligneuse annuelle varie en épaisseur, atteint un maximum pour décroître ensuite, il y a pratiquement avantage à ne pas laisser les arbres sur pied au-delà d'un certain nombre d'années.

Tous ces travaux anciens ont été repris et complétés à divers points de vue, soit par rapport à la démarcation des couches ligneuses; soit par rapport aux causes des différences anatomiques existant entre le bois de printemps et le bois d'automne, soit par rapport à diverses anomalies de ces bois; soit enfin par rapport à la production expérimentale des couches concentriques, des anomalies ligneuses et des changements de symétrie de structure.

Il serait aussi long qu'ennuyeux de donner ici la bibliographie complète des travaux parus sur ces sujets, celle-ci se trouve d'ailleurs dans la plupart des traités généraux de Botanique, auxquels l'on peut facilement se reporter (24, 25, 26, 27). Je me bornerai à indiquer rapidement ce qui, dans ces travaux, m'a

paru le plus important à préciser, d'après le but particulier de mes recherches.

Van Tieghem (26) est un des anatomistes auquel l'on doit les connaissances les plus étendues et les plus précises sur l'anatomie végétale ; il s'exprime ainsi, dans son *Traité de Botanique*, sans parler d'écologie :

« Beaucoup de tiges ne présentent pas la structure secondaire et conservent indéfiniment la structure primaire. Une subérisation de plus en plus forte, une sclérose de plus en plus intense, c'est tout le changement qu'y amène le progrès de l'âge. Il en est ainsi dans les Muscinées, chez la plupart des Cryptogames vasculaires, dans un grand nombre de Monocotylédones et chez certaines Dicotylédones comme les Nymphéacées, le *Nelumbo*, l'Utriculaire, l'*Adoxa*, le *Myriophyllum*, la Macre, la Ficaire, etc... C'est assez pour montrer que le phénomène en question n'est pas lié nécessairement à telle ou telle classe de plantes. Il se manifeste avec plus d'abondance et de diversité chez les Dicotylédones et les Gymnospermes. »

Si l'on ajoute, d'après Chodat (28) que certaines Graminées présentent, aux nœuds, des faisceaux libéroligneux chez lesquels on observe un cambium bien défini, par conséquent un début de structure secondaire, que des Monocotylédones (*Dracoena*, etc.) ont une structure secondaire spéciale, que les anciennes Ptéridophytes (Equisétacées et Lycopodiacées) avaient une assise génératrice cambiale circulaire, on voit combien la distinction établie par les anciens anatomistes entre les Dicotylédones et les Monocotylédones est illusoire.

Et, ce qui achève d'enlever toute valeur à cette distinction, Gaston Bonnier (29) a montré qu'il existe des Dicotylédones ayant une structure analogue à celle des Monocotylédones et que les deux structures peuvent s'observer dans la tige de certaines Renonculacées (*Thalictrum minus*). Pareil fait a été observé dans des Berbéridées par Citerne (30).

Les études d'anatomie écologique ont porté surtout sur l'influence des milieux aquatique et souterrain, de la pesanteur, de l'eau, de la température, des climats, etc.

Pour les plantes aquatiques et les plantes à rhizome, appar-

tenant à des familles très variées, l'examen histologique a confirmé l'exposé qu'en avait fait Van Tieghem.

Pavillard (31), après avoir constaté ces faits, est allé plus loin. « La rareté des formations secondaires dans les tiges herbacées des plantes annuelles, dit-il, s'explique d'elle-même par la brièveté de leur existence et la rapidité de leur évolution. Mais l'absence de tissus secondaires est encore la règle dans la plupart des tiges qui s'écartent du type normal et présentent quelque particularité spéciale dans leur forme, leur structure ou leur mode de croissance. Tel est le cas des tiges souterraines, écourtées en bulbes ou allongées en rhizome », etc. Je montrerai, au cours de mon travail, que cette généralisation est quelque peu exagérée.

En général, on s'est très peu préoccupé de rechercher si les facteurs écologiques pouvaient avoir une répercussion profonde sur la production des couches concentriques ligneuses, issues de l'activité cambiale ou péricyclique, ainsi que sur la nature des périodermes. Et cela se comprend si l'on remarque que l'on a étudié surtout les productions de l'année même, qu'il se soit agi de tiges ou de racines, et l'on peut dire que les productions plus âgées, dont l'observation exige de longues années, ont été presque systématiquement rejetées du champ des recherches anatomiques, ou ont été négligées comme études d'ordre plutôt secondaire (*).

Cela n'empêche pas que certaines de ces recherches n'aient effleuré parfois quelques sujets spéciaux que j'aurai à envisager ici. C'est ainsi que, si des auteurs ont été amenés incidemment à parler des couches concentriques ligneuses dans les plantes herbacées, ils ont admis que, quand elles existent, leur nombre correspond à l'âge réel de l'organe. Pour n'en citer que quelques exemples, choisis parmi les plus typiques, il suffit de dire que Géneau de Lamarlière (32), dans son intéressant travail sur les

(*) Consulter la plupart des travaux d'anatomie parus depuis une trentaine d'années et en particulier ceux concernant les principaux types de plantes dont il sera question ici dans ce mémoire.

Ombellifères, écrit qu'en comptant le nombre des couches concentriques ligneuses d'un rhizome de *Seseli montanum*, l'on pouvait se faire une idée précise de son âge ; et que Jonsson (33) admet que les couches concentriques présentées par les Rhodophycées, Algues qui croissent en épaisseur, doivent être considérées comme des couches annuelles.

La structure des lianes, ayant été l'objet d'études plus complètes, on s'est aperçu que les anomalies des bois sont beaucoup plus nombreuses qu'on ne l'avait soupçonné et qu'elles ont souvent des origines différentes. Ainsi l'on a reconnu que l'assise génératrice cambiale peut fonctionner d'une façon plus ou moins active suivant les diverses régions de son pourtour (lianes rubanées et quelques Bignoniacées à bois pénétrés par des coins libériens) ; ou bien elle peut se fractionner en donnant seulement en certains points des îlots libériens qui se recouvrent plus tard de bois (Acanthacées), formant ainsi des inclusions de liber secondaire dans le bois secondaire. Ce liber intraxylaire a été étudié par de nombreux auteurs (34, 35, 36, 37, 38) qui en ont précisé la nature, les procédés de formation et la disposition variée.

Viret (39) a fait voir que les îlots libériens intraligneux et interligneux se ramifient en se reliant entre eux et aux libers normaux et qu'ils coexistent avec la présence d'un bois fractionné. Ces liaisons s'effectuent surtout aux nœuds, rarement dans les entre-nœuds. Elles n'existent pas quand le bois est très compact et les rayons médullaires sont alors si comprimés qu'ils deviennent presque invisibles. Mais Viret, comme ses prédécesseurs, ne s'est pas préoccupé des variations de ces rapports avec l'âge et ne s'est pas demandé si chaque année, il se forme un nombre déterminé d'îlots intraxylaires ou interxylaires. Il suffit d'ailleurs de jeter un coup d'œil sur les figures contenues dans son intéressant Mémoire pour voir que ce nombre varie avec les niveaux des coupes et ne présente par conséquent aucune fixité.

Il y a des lianes qui possèdent un cambium dont l'activité n'a pas une longue durée mais qui, au contraire, cesse de bonne heure pour faire place à des formations ligneuses surnuméraires,

apparaissant dans l'écorce, le péricycle, le liber, le bois ou la moelle. L'on n'a pas recherché davantage le rapport de ces anomalies avec l'âge bien qu'elles forment avec les années des couches concentriques plus ou moins nettes.

L'on a considéré les diverses anomalies présentées par les lianes comme le résultat d'une adaptation à la vie grimpante, au clématisme. Cette hypothèse n'est pas exacte, au moins dans tous les cas, puisqu'il y a des Lianes à structure normale et que, comme Van Tieghem l'a fait remarquer, il peut coexister, dans une même tige ou dans le même genre de plantes, plusieurs anomalies différentes avec la structure normale ou bien une anomalie affecter plusieurs organes à la fois ou un seul chez la même plante. Ainsi, dans les *Datura*, l'axe hypocotylé seul est anormal (Viret).

L'étude de la démarcation des couches concentriques, dites annuelles, a été définie et présentée d'une façon claire et méthodique par Van Tieghem (26), soit d'après ses propres recherches, soit d'après des documents établis par ses devanciers ou ses contemporains. Il est nécessaire de résumer ici les données qu'il a établies.

Chez les Gymnospermes, le bois, formé exclusivement de trachéides, placées radialement, présente à l'automne un aplatissement tangentiel de ses éléments qui permet en général de reconnaître l'âge de la plante. Chez les Dicotylédones, le bois secondaire est formé en général de trois éléments qui sont des vaisseaux de types variés, du parenchyme ligneux et des fibres ligneuses. La distribution relative de ces trois catégories de tissus ligneux est elle-même des plus variées quant à la grandeur et à la répartition des vaisseaux dans la couche concentrique considérée. Ceux-ci peuvent être de taille sensiblement égale dans toute l'étendue de cette couche (*Acacia*, Armoise, etc.), mais, dans la grande majorité des cas, ils sont inégaux et les plus gros et les plus nombreux sont localisés dans le bois de printemps. Rarement ils sont localisés dans la région externe de la couche (Fromager).

Quant à leur distribution, elle est aussi variable. Tantôt ils sont disséminés uniformément (Marronnier, Erable, etc.) ;

tantôt ils forment des groupes, des îlots, disposés d'une façon quelconque ou en séries radiales et tangentielles (Lierre, etc.), et c'est le cas le plus fréquent.

Le parenchyme ligneux peut être à parois minces et constituer des compartiments ligneux dans lesquels les vaisseaux sont disséminés (tubercules). Souvent il est très inégalement distribué autour des vaisseaux. Dans les Légumineuses, il forme des bandes transversales contre les vaisseaux et il est rarement mélangé aux fibres (Ajonc). Celles-ci peuvent exister dans toute la couche concentrique particulièrement abondantes dans la zone moyenne, elles peuvent s'y localiser et dans ce cas le bois de printemps et le bois d'automne en sont dépourvus (Robinier, Févier, etc.).

La nature des fibres du bois d'automne permet, conjointement avec les caractères précédemment indiqués, de distinguer facilement les couches annuelles. Quatre cas peuvent se présenter chez ces fibres :

1° Il y a, au moment du ralentissement automnal de la végétation, un épaissement de la membrane suivi d'un aplatissement de la fibre dans le sens tangentiel et le lumen prend, en section transversale, la forme d'un rectangle de plus en plus aplati (Hêtre, Poirier, etc.). C'est le cas le plus commun.

2° L'épaississement de la membrane ne se produit pas et les fibres ligneuses du bois d'automne ont la même épaisseur sensiblement que celles du bois de printemps mais leur aplatissement tangentiel reste fort net (Bouleau, Peuplier, etc.).

3° Il n'y a ni épaissement de la membrane, ni aplatissement des fibres. Les bois de printemps et d'automne ne se distinguent que par des différences dans la proportion des fibres, des vaisseaux et du parenchyme ligneux (Cytise, etc.)

4° Il se produit simplement un amincissement des membranes chez les fibres d'automne (Charme, *Caragana*, etc.).

Van Tieghem dit aussi avec raison : « C'est quand, à une brusque différence dans la nature des tissus, vient s'ajouter une brusque différence dans le diamètre des éléments et dans l'épaisseur de leurs membranes, et lorsque ces deux différences sont à leur maximum, que la distinction des couches annuelles

est le plus facile à saisir à l'œil nu (Chêne, Hêtre, Châtaignier, Frêne, Févier, Robinier, etc.). Lorsqu'elles s'introduisent peu à peu et qu'elles n'atteignent pas un haut degré, la limite est de moins en moins facile à distinguer ; on arrive même à ne plus l'apercevoir à l'œil nu ou à un faible grossissement, et c'est avec peine que le microscope la met en évidence (Ajonc, Olivier, etc.). On comprend qu'ailleurs elle puisse s'effacer tout à fait, soit accidentellement chez certains individus (*Araucaria* (*), etc.), soit d'une façon constante (Pipéracées, *Opuntia*, Mammillaire, Cobée, etc.). »

L'absence de couches annuelles chez les Pipéracées a été signalée par Debray (40). Houlbert (41), dans un travail sur le bois des Apétales, a indiqué des couches concentriques ligneuses dans une vieille tige de *Chavica*, où leur délimitation était très nette, et dans une très vieille tige de *Piper excelsum* où elles se distinguent par la production d'un plus grand nombre de vaisseaux dans le bois de printemps et un faible aplatissement des cellules des rayons à ce niveau. L'aplatissement consiste en un ralentissement progressif suivi d'un élargissement progressif et il n'y a pas saut, mais passage gradué. Ce type, comme on le verra, existe chez diverses plantes herbacées ou ligneuses, dans des conditions particulières. Je montrerai également qu'il peut y avoir d'autres dispositions suivant les plantes.

Divers auteurs ont signalé qu'il peut au cours d'une même année se former plusieurs couches concentriques ligneuses chez les arbres des régions tropicales quand il se produit, au cours de la végétation active, un ou plusieurs temps de repos suivis de reprises de l'activité de croissance, dans les régions où des périodes de pluie et de sécheresse se succèdent par à-coups, à intervalles suffisamment espacés.

Même l'on a indiqué, sans y attacher beaucoup d'import-

(*) J'ai eu l'occasion d'examiner un certain nombre de pieds d'*Araucaria imbricata* ayant poussé dans l'Ouest de la France et dont j'ai pu connaître exactement l'époque de plantation. Tous avaient des couches concentriques ligneuses très nettes ; le nombre de celles-ci n'était pas exactement égal au nombre des années pendant lesquelles l'arbre avait vécu, mais s'en rapprochait sensiblement.

tance, que l'on trouve parfois, dans les arbres de nos régions tempérées, des couches annuelles séparées en deux parties par une ligne qui peut faire croire à la présence de deux couches là où il ne s'en trouve en réalité qu'une et produire des erreurs dans la détermination de l'âge. Mais ces fausses lignes d'accroissement, dues à la perte des feuilles, aux gelées, aux insectes, à la sécheresse, etc., seraient, d'après la plupart des auteurs qui en ont parlé, facilement reconnaissables à ce que leur tissu plus serré passe par une transition insensible au tissu plus mou qui le suit, tandis que les bois de printemps et les bois d'automne auraient une limite nettement tranchée. Ces observations, qui n'ont été corroborées par aucun dessin, ne semblent pas avoir été l'objet d'un contrôle scientifique précis.

Aux points de vue anatomique et physiologique à la fois, les travaux sont également nombreux. La cause de l'excentricité de l'anneau ligneux annuel a été recherchée surtout par Schwartz (42), Hartig (43), Wiesner, Goebel (44), etc. L'on sait aujourd'hui que la dorsiventralité ou anisotropie des couches ligneuses, l'épinastie et l'hyponastie des branches, dépendent à la fois de causes intérieures et de causes extérieures, que les dos et les ventres peuvent s'intervertir et que cette structure est induite. L'on verra, par mes recherches, que la dorsiventralité peut se rencontrer dans la racine, contrairement à l'opinion de Van Tieghem, suivant laquelle la symétrie constatée dans la structure primaire se maintient à toute époque dans la structure secondaire de la racine.

L'action particulière de divers facteurs susceptibles de provoquer la dorsiventralité a été expérimentalement étudiée par plusieurs botanistes. Frank (45) a produit une dorsiventralité induite par des changements d'éclairement et Pick (46) a montré qu'il n'y a pas de dorsiventralité anatomique chez les branches de *Biota orientalis* sans différences d'éclairement. Une plante peut donc, suivant la direction des radiations lumineuses, présenter la symétrie radiale ou la symétrie bilatérale. Frank a également montré que les positions orthotrope et plagiotrope sont des causes de structure radiale ou de structure bilatérale,

et, en interchangeant ces positions, on fait passer l'organe d'une structure à l'autre.

Mais, ainsi que l'a montré Goebel, la dorsiventralité n'est pas la résultante de l'action d'un seul facteur ; elle est l'effet de différentes combinaisons de facteurs, ce qui est d'ailleurs la règle dans les questions de symétrie. Parmi ces facteurs, il faut signaler surtout les facteurs écologiques (lumière, température, climat, régime de l'eau, pesanteur (45), disposition des feuilles (46), agents mécaniques, blessures et opérations d'horticulture (47).

Ce sont aussi ces facteurs qui déterminent l'apparition de structures secondaires spéciales, correspondant à des adaptations morphologiques externes aujourd'hui bien connues par les travaux de la géographie botanique, en particulier par ceux de Warming, pour ne citer que les plus récents (48).

Parmi les ouvrages où l'on trouve des données ayant trait à l'écologie anatomique et se rapportant au sujet de mes recherches, je citerai quelques ouvrages seulement, tout en faisant observer qu'ils n'ont qu'un rapport assez lointain avec celles-ci. Royer (49) a publié la Flore de la Côte d'Or en basant ses déterminations sur les caractères des parties souterraines. Cet ouvrage, très remarquable, a servi de base à un grand nombre de thèses depuis son apparition (1881) jusqu'à l'époque actuelle. Cela suffit à en souligner la valeur.

En dehors des travaux classiques de Costantin (50), de Sauvageau (51), etc., sur les effets de l'aquatisme, de ceux de Costantin sur la structure d'un certain nombre de rhizomes, j'indiquerai ici les recherches de Maige (52) sur les plantes rampantes. Cet auteur a montré qu'à l'état ascendant ou à l'état couché de la tige correspondent des formations ligneuses distinctes. De plus, au stade horizontal, il faut distinguer, chez les plantes rampantes, une phase sans racines ou à racines peu développées, à laquelle succède une phase à racines bien développées. Mais, ayant constaté ces faits dans le *Veronica officinalis* à sa première année de végétation, il n'a pas recherché ce qui se passait dans les années suivantes où apparaissent encore des

parties orthotropes et des parties plagiotropes qui influent fatalement sur les parties plus anciennes.

Léger (53), sans se préoccuper des relations des structures avec l'âge, a décrit dans la racine de certaines Papavéracées des « couches concentriques assez semblables aux couches annuelles du bois des arbres, mais dans lesquelles les plus petits vaisseaux sont sur le bord le plus interne de la couche ». Mais, tout en décrivant ainsi très exactement ce qu'il a vu, il n'a pas examiné les rapports de la structure de la racine avec le rythme spécifique de végétation de la plante et n'a pas distingué les deux formations ligneuses si différentes qui constituent ce que j'ai appelé le bois de rosette et le bois de fructification (54).

Je pourrais encore citer ici un grand nombre d'autres travaux, concernant surtout la matière médicale, où sont décrites et figurées des coupes transversales de tiges ou de racines âgées, mais d'âge cependant indéterminé. Il suffit de dire que si certaines d'entre elles, quoique âgées, ont des bois uniformes, on n'a pas recherché le rapport que leur structure peut avoir avec l'âge ou l'écologie.

Le rôle particulier de l'eau dans la production des couches concentriques ligneuses, dans la nature et le volume des bois, est d'une importance considérable. En cela, tous les savants sont à peu près d'accord, et l'on a maintes fois signalé, chez les bois secondaires, les différences de structure qui résultent des variations du régime de l'eau ; et l'on connaît en particulier les bois épais, à larges vaisseaux, des plantes abondamment irriguées et les bois minces, fibreux, à vaisseaux étroits, des plantes adaptées à la sécheresse (Xérophytes).

Mais les physiologistes ne sont plus d'accord quand il s'agit de déterminer si ce facteur est celui qui détermine les formations du bois de printemps et du bois d'automne et les alternances qui produisent ce que l'on a appelé les couches annuelles. Pfeffer (55) a fort bien résumé les arguments qui plaident pour ou contre les diverses hypothèses qui ont été émises à ce sujet et il faut convenir avec lui que pour élucider ces questions, il faudrait d'abord savoir « pourquoi de deux

cellules équipotentielles du méristème cambial l'une se développe en fibre ligneuse et l'autre est utilisée pour former un vaisseau ». Or, c'est ce que l'on ignore complètement.

Si la solution de ces problèmes semble ainsi reculer avec la précision toujours plus grande des recherches qui en montrent la complexité, il n'en est pas moins utile de l'aborder sous quelques-unes de ses faces qui sont plus sensibles à l'expérimentation. Et l'étude expérimentale de la production des couches ligneuses concentriques a été abordée par Lucien Daniel (56), dans ses nombreuses recherches sur les opérations d'horticulture.

Sans préjuger du rôle particulier que peut jouer chacun des éléments contenus dans ce qu'on a appelé les sèves brute et élaborée et auxquels l'eau sert de véhicule, — car constater des relations et des réactions ce n'est pas expliquer les causes mêmes des phénomènes, — il a désigné sous le nom de capacité fonctionnelle d'absorption et de capacité fonctionnelle de consommation les quantités d'eau chargée de produits solubles qui passent du milieu extérieur dans la plante (absorption en général) et qui sont fixées et rejetées au dehors (consommation par rejet ou fixation). Il a recherché ce qui se passe en général pour les tissus secondaires ligneux quand il y a équilibre entre ces deux capacités fonctionnelles ou quand au contraire l'une l'emporte sur l'autre.

En se plaçant ainsi au point de vue de l'équilibre ou des déséquilibres opposés de nutrition (pléthore ou disette) et par l'emploi raisonné des dérivations des courants d'eau normaux, ou par des modifications du milieu extérieur, il est parvenu à reproduire un certain nombre de phénomènes physiologiques et morphologiques qui étaient encore en partie inexpliqués, comme la question des couches concentriques, par exemple, la dorsiventralité, la nature des tissus ligneux et la répartition de leurs éléments, etc.

Il a démontré que, en arboriculture, le manque ou l'excès d'eau et d'aliment provoqués par la taille ont des conséquences écologiques de même ordre que les variations amenées par les variations du milieu extérieur, et cela est facile à comprendre, car les réponses de l'organisme dépendent du but à atteindre

et non pas seulement de la nature de l'excitant, quand il s'agit de tropismes, de structures, etc.

C'est ainsi que, en dehors des dorsiventralités induites dont il a signalé de nombreux exemples et qu'il a produites à volonté, il a fait voir que tout arrêt de végétation suivi de reprise, quelle qu'en soit la cause, engendre la formation d'une couche concentrique surnuméraire si les seuils d'intensité et de durée suffisants ont été atteints. Si n représente le nombre de ces arrêts suffisamment espacés, la couche ligneuse formée pendant l'année où l'on a opéré comprend $n+1$ couches concentriques (57). En outre, il a insisté sur les conséquences morphogéniques externes qui accompagnent parfois les modifications de la structure interne et montré le premier que les blessures (ou traumatismes) sont suivies de déséquilibres de nutrition souvent assez élevés pour provoquer la formation de diverses monstruosité (fasciations, torsions, anomalies florales, etc.).

En résumé, au moment où j'ai commencé mon travail, on possédait des données importantes sur la structure ligneuse des plantes aquatiques, des rhizomes, des plantes xérophiles, des plantes alpines ou arctiques, etc., considérées surtout pendant la structure primaire et pendant la structure secondaire de première année. Plus rares étaient les données relatives à la structure secondaire des plantes monocarpiques annuelles, bisannuelles ou plurannuelles et des plantes polycarpiques herbacées, en tenant compte des variations écologiques et des rythmes héréditaires de végétation. Si l'on avait bien étudié la structure de la tige et des branches principales des arbres, on avait négligé celle des petites branches, fructifères ou non.

En abordant l'étude de l'action des facteurs écologiques sur les productions cambiales et phellogéniques d'un certain nombre de plantes prises dans les conditions normales de leur habitat et en essayant de les reproduire expérimentalement, je ne me fais pas d'illusions sur les difficultés de la tâche que je me suis assignée ni sur les lacunes que présente mon travail, étant donnée l'étendue considérable d'un sujet aussi peu exploré. J'espère cependant qu'il ne sera pas inutile et qu'il contribuera à augmenter le domaine de nos connaissances sur l'anatomie normale et expérimentale.

PREMIÈRE PARTIE

Rapports de l'anatomie et de l'écologie chez les plantes venues dans les conditions normales de végétation

L'étude écologique des plantes qui couvrent la surface du globe nous montre une infinité de modes de développement spécifiques de l'axe, leur donnant un port particulier, suivant que leur développement est défini ou indéfini, aussi bien dans les milieux aquatiques que dans le sol ou dans l'air. La durée de la vie de la plante entière ou de l'un de ses organes ; la nature des tissus parenchymateux ou ligneux et leurs proportions relatives ; la fréquence des fructifications et leur époque sont des caractères le plus souvent spécifiques, bien qu'ils soient soumis à des fluctuations sous l'influence des variations de milieu.

Enfin, le développement de l'appareil végétatif et même de certains organes présente des rythmes particuliers de végétation au cours des années et même des saisons ; il y a des alternatives de vie active et de vie ralentie qui se succèdent avec plus ou moins de régularité suivant les climats et suivant la météorologie des années ; suivant les stations, c'est-à-dire suivant les sols et les radiations incidentes, calorifiques et lumineuses ; suivant les fonctions physiologiques particulières permanentes ou successives d'un même organe, etc.

Tout cela aboutit à des formations anatomiques spéciales; quand les facteurs agissent ensemble, on observe une résultante, mais quand ils agissent isolément ou que l'un prédomine sur l'ensemble des autres, il imprime à la structure un cachet particulier qui devient facilement reconnaissable si l'on a pris soin, comme je l'ai fait pour certains d'entre eux, d'en étudier expérimentalement l'effet par la méthode comparative.

Or, tous les tissus n'enregistrent pas de la même manière et avec une égale facilité les variations de milieu et ne conservent pas au même degré les acquisitions au point de vue héréditaire. Certains subissent des influences en y faisant une réponse intense et rapide; d'autres au contraire sont peu sensibles ou du moins n'en manifestent pas les effets d'une façon facilement appréciable par nos sens.

Les tissus les plus sensibles au genre d'actions rythmiques ou irrégulières que je veux envisager ici sont les tissus secondaires et parmi eux, le tissu ligneux, issu du cambium, et le liège, issu du phellogène ou couche génératrice subérophellodermique. Les variations d'autres tissus, chargés d'un triage chimique, comme le liber ou l'endoderme, sont moins faciles à mettre en évidence, en général du moins, bien qu'elles soient souvent très réelles et corrélatives de celles du bois et du liège. Les développements de ces deux derniers tissus, bois et liège, sont en relation étroite avec le régime de l'eau et des sels (sève brute) dans toutes les plantes, régime très variable suivant les stations où la plante vit normalement.

Dans ces dernières années, la géographie botanique a révélé que l'on trouve chez les végétaux comme chez les animaux des convergences fort remarquables qui amènent des plantes de familles parfois très éloignées à présenter des faciès semblables et qui correspondent à des adaptations écologiques de même ordre. Ces adaptations morphologiques externes ne sont pas les seules. En anatomie végétale, on a remarqué déjà des analogies assez marquées entre la structure de diverses plantes aquatiques et celle de certains rhizomes, et que l'on peut considérer aussi comme des convergences.

J'essaierai, dans ce qui va suivre, d'apporter ma modeste

contribution à l'étude des convergences anatomiques et j'étudierai à ce point de vue particulier peu envisagé encore, les variations de la structure secondaire avec l'âge chez un certain nombre de Dicotylédones. Les bois secondaires, avec ou sans couches concentriques, et le périderme si varié et parfois caractéristique, sont les tissus secondaires qui m'ont paru présenter le plus d'intérêt.

Pour la commodité de cette étude, et sans y attacher bien entendu la moindre importance taxinomique, j'ai divisé les plantes dont j'étudie les structures en deux grands groupes : les plantes herbacées et les arbres.



PREMIER GROUPE : Plantes herbacées

L'on peut diviser les plantes herbacées dont la structure écologique sera décrite ici en deux grands groupes :

1° Les plantes aquatiques ou vivant dans les marais et les lieux humides.

2° Les plantes terrestres et aériennes, qui sont des plantes des lieux à humidité moyenne ou des lieux secs.

I. — Plantes aquatiques ou palustres

Ces végétaux peuvent être submergés en totalité ou en partie seulement.

Chez les premiers, la transpiration ne s'effectue pas, et, toute la plante étant au contact de l'eau, il n'y a pas besoin d'un tissu conducteur très développé pour assurer un courant d'eau prononcé.

Aussi, comme cela est connu depuis longtemps, en particulier par les travaux de Costantin et autres botanistes, le tissu ligneux est-il fort réduit. Ainsi tout le cylindre central est, dans l'*Elodea*, représenté par une lacune centrale; par une lacune

dans chaque faisceau chez les *Ceratophyllum*; ou il ne contient que du bois primaire, comme chez les *Utricularia*.

Lorsque la plante est en partie submergée et en partie aérienne, il peut arriver que les feuilles s'étalent à la surface de l'eau ou que des tiges feuillées se dressent dans l'air. La fonction de transpiration s'exerce aussitôt d'une façon plus ou moins intense, suivant le nombre et l'étendue de la surface des feuilles, comme aussi suivant la capacité fonctionnelle propre de leur chlorophylle. Ainsi la fonction détermine la formation d'un courant d'eau dans la plante et cette circulation est sous la dépendance du milieu aérien (lumière, température, état hygrométrique), essentiellement variable par sa nature, mais auquel répond le milieu d'absorption invariable où est placée la racine.

A ces conditions nouvelles correspondent des structures particulières, où les bois peuvent aller en augmentant de valeur et de diversité ou bien rester plus ou moins stationnaires. Tantôt, en effet, les organes restent à la structure primaire (Nymphœacées); tantôt apparaissent des bois secondaires plus ou moins développés.

Or, dans les travaux concernant ces plantes, on ne s'est pas préoccupé de déterminer ce qui se passait avec l'âge dans leurs bois secondaires, de rechercher l'influence des divers facteurs écologiques dont les structures sont la résultante et en particulier s'il se formait des couches concentriques ligneuses en relation ou non avec le nombre des années vécues par chaque espèce.

C'est cette étude de la répercussion des facteurs écologiques sur la structure que j'ai faite d'abord chez les plantes aquatiques à tissus secondaires, chez les plantes des bords des eaux, des marais, des lieux inondés l'hiver, et des endroits humides, en tenant compte de leurs modes de passage à l'état de vie ralentie et de la durée de leur existence, en même temps que des variations dans leur régime de l'eau sous l'influence des changements climatologiques et des saisons

I. PLANTES AQUATIQUES PAR LA RACINE ET AÉRIENNES PAR UNE PARTIE VARIABLE DE LA TIGE.

Considérons les plantes nettement aquatiques et submergées en grande partie comme les Nymphœacées, l'*Hippuris vulgaris*, le *Myriophyllum spicatum*, le *Villarsia nymphoïdes*, l'*Hottonia palustris*, etc., qui vivent au milieu des eaux et dont l'appareil aérien est annuel.

Les Nymphœacées de notre pays ont des rhizomes qui se comportent d'une façon différente suivant les genres. Dans le *Nymphæa alba*, le rhizome a des ramifications qui deviennent libres au bout de la première année. Chez le *Nuphar luteum*, les ramifications du rhizome ne se séparent pas aussi vite et peuvent ainsi vivre plusieurs années. Dans un cas comme dans l'autre le rhizome ne donne pas de formations secondaires. Il en était du moins ainsi dans les échantillons assez nombreux que j'ai examinés.

Le rhizome de l'*Hippuris vulgaris* est épais, très ramifié et sympodique. Les tiges aériennes se détruisent annuellement, mais le rhizome persiste deux ans au moins. Le cylindre central, très réduit par rapport à l'écorce, ne semble pas donner de productions secondaires, quel que soit son âge.

La durée du rhizome du *Myriophyllum* est plus longue et l'âge se reconnaît assez facilement par les protubérances de sa surface qui correspondent chacune à une année. La couronne ligneuse y paraît réduite au seul bois primaire. Mais, comme dans l'*Hippuris*, l'endoderme est bien net et possède ses plissements caractéristiques ; le tissu lacuneux de l'écorce est bien développé; la moelle est petite et sans lacunes; il n'y a pas de phellogène ou assise génératrice subéro-phellodermique, quel que soit l'âge, chez ces deux plantes.

L'*Hottonia palustris* est une Primulacée bien connue dont les tiges vivent deux ans ou plus. La coupe transversale de celles-ci rappelle beaucoup celle de l'*Hippuris* avec sa moelle peu développée, sa couronne de bois primaire et les grandes lacunes de son écorce, caractéristiques de l'aquatisme.

Le rhizome du *Villarsia nymphoïdes* est drageonnant et

sympodique. Dans cet organe, à la seconde année, il se produit des tissus secondaires bien développés, formés de faisceaux nombreux, séparés par des rayons médullaires, mais à éléments ligneux vasculaires assez uniformes. Ce qu'il y a de plus intéressant chez cette plante, dont je n'ai pu me procurer que les rhizomes venus en baquets, au jardin botanique de Rennes, c'est qu'elle possède un phellogène très actif, situé profondément dans l'écorce, qui donne du liège en dehors et, en dedans, un abondant phelloderme non lacuneux, de telle sorte que l'exfoliation fait disparaître tout l'aérenchyme cortical, c'est-à-dire un des principaux caractères des plantes aquatiques. Toutefois l'endoderme persiste avec ses plissements caractéristiques.

2. PLANTES DES BORDS DES EAUX

Prenons, par exemple, le *Menyanthes trifoliata* et le *Polygonum Bistorta*.

Le *Menyanthes trifoliata* a un rhizome robuste, longuement rameux et sympodique. Il a une structure nettement aquatique, à la façon de l'*Hippuris*; mais il s'en distingue par des bois secondaires, peu développés, mais nets. Les faisceaux sont séparés par des rayons médullaires et le cambium n'existe pas chez ceux-ci.

Le *Polygonum Bistorta* est plus différencié dans le sens terrestre. Son rhizome rameux est puissant et vit un nombre d'années plus ou moins élevé, assez difficile à déterminer par les cicatrices ou chicots laissés par la chute des tiges aériennes annuelles. Il présente des renflements suivis de longues parties minces qui lui permettent d'épuiser plus facilement des régions différentes du sol où il vit.

Il porte en outre d'abondants drageons qui conservent longtemps leurs attaches avec la souche mère, si bien que des pieds se trouvent ainsi placés à de grandes distances du pied primitif auquel ils adhèrent toujours cependant. Les pieds nouveaux ne deviennent libres qu'après un nombre variable d'années.

Une coupe faite dans une région âgée de trois ans au moins montre des bois secondaires assez développés sous forme

de faisceaux de taille inégale séparés par des rayons médullaires. Le cambium n'existe que dans les faisceaux libéroligneux. Il y a un phellogène actif donnant, comme chez le *Villarsia*, un liège et un phelloderme sans lacunes rejetant, par exfoliation, l'écorce primitive lacuneuse. Ce phelloderme est riche en amidon, la fonction de réserve jouant ici un rôle plus prononcé que chez les plantes précédentes. Enfin le liège est formé de parties inégalement subérifiées et certaines absorbent même les colorants verts; l'endoderme n'est plus plissé et devient indistinct; les parenchymes ont de nombreux cristaux en oursin.

3. PLANTES PALUSTRES

Les plantes palustres établissent le passage entre les plantes des lieux toujours humides et aquatiques aux plantes des terres submergées ou humides, mais se desséchant plus ou moins l'été. Les variations du régime de l'eau seront donc plus ou moins prononcées suivant le degré d'humidité de la station et la dessiccation plus ou moins rapide, plus ou moins complète du sol tourbeux.

Dans les marais vivent des plantes herbacées et des plantes ligneuses formant des tiges filiformes ou plus ou moins ramifiées en buisson. Parmi les premières, j'examinerai le *Drosera rotundifolia*, l'*Elodes palustris*, le *Glaux maritima*, l'*Obione portulacoides* et l'*Hydrocotyle vulgaris*; parmi les secondes, le *Comarum palustre*, l'*Oxycoccus macrocarpus*, le *Cassiope hypnoides*, le *Gaultheria procumbens*, etc.

Le *Drosera rotundifolia* vit dans les marais toujours humides, ne se desséchant que très exceptionnellement. C'est une plante à rhizome très grêle, à protubérances indiquant les années et très rapprochées, formant sympode. On peut faire passer assez facilement une coupe dans le rhizome et l'on constate que les bois secondaires sont peu développés, que le phellogène n'existe pas, que l'écorce n'est pas lacuneuse, que l'endoderme est plissé par portions seulement, que les bois sont en faisceaux disséminés irrégulièrement dans les parenchymes. Les

caractères de la structure aquatique sont donc peu marqués ou n'existent pas chez cette plante.

Dans l'*Elodes palustris*, la structure est bien différente (fig. 1).

Cette plante possède un rhizome à épaisses couches corticales qui vit trois ans au plus. On ne trouve pas en général de parties âgées de plus de trois ans. Les bois secondaires forment un anneau complet dès la première année. La deuxième, cet anneau est beaucoup plus épais mais sans distinction possible avec le bois de première année ; car ils sont absolument uniformes, le régime de l'eau ne subissant pas de variations puisque l'absorption de la racine ne change pas de milieu, celui-ci restant suffisamment humide pour suffire à cette fonction.

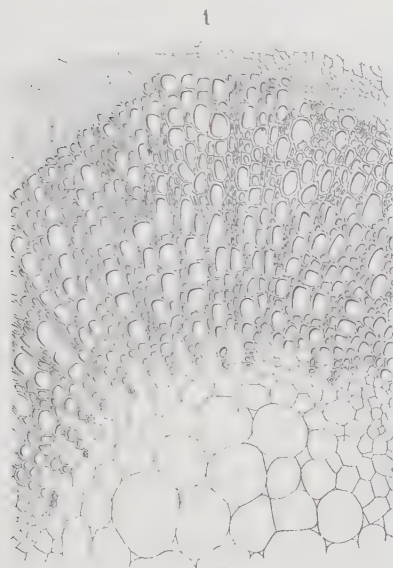


Fig. 1. — *Elodes palustris*. Coupe d'une tige souterraine âgée de trois années. On y voit les pointements primaires et le bois secondaire uniforme, sans couches concentriques. Les cellules de la moelle sont de grandes dimensions ; les bois secondaires sont disposés en files rayonnantes.

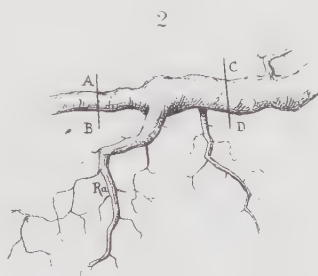


Fig 2. — Dérivation et sympode mixte dans une tige d'*Obione portulacoides*. AB, niveau de la coupe passant au-dessous des racines adventives, dans la région étroite, à l'état de vie plus ou moins ralentie ; CD, niveau de la coupe passant au-dessus des racines adventives, dans la région plus grosse, à l'état de vie active.

C'est un vrai marcottage naturel.

Le phellogène n'existe pas ; l'épiderme, à cuticule peu épaisse, porte des stomates et dans les couches les plus externes de l'écorce se trouvent de petits canaux sécréteurs régulièrement

disposés. Le parenchyme cortical est largement lacuneux comme dans les plantes nettement aquatiques. L'endoderme n'a pas de plissements et ne se distingue que par sa position habituelle.

Le *Glaux maritima* est une plante des marais salés, à tige stolonifère, à croissance indéfinie, radicante à la base. On pouvait se demander si le milieu salé avait une influence sur la structure de cette plante de marais. Dans la tige de première année, on trouve une symétrie cruciale, avec deux dos et deux ventres, correspondant à la disposition opposée des feuilles rapprochées. Les bois sont uniformes, et ont un aspect spécial que l'on retrouve dans beaucoup de plantes gazonnantes à tiges faibles (Caryophyllées, Crucifères, Légumineuses, etc.). L'écorce est lacuneuse comme chez les autres plantes aquatiques et l'endoderme est bien caractérisé.

Dans les parties du rhizome âgées de deux ans, la symétrie est presque rayonnée. La moelle, abondante dans la tige de l'année, fait place à des tissus sclérifiés et se réduit considérablement; l'endoderme est moins net et les lacunes de l'écorce se réduisent en nombre et en étendue. Le bois remplit tout le cylindre central, celui-ci restant toujours peu développé. En somme la moelle et l'écorce ont été comprimées et réduites par le tissu ligneux secondaire. L'épiderme est plus cutinisé et les membranes des cellules des couches corticales internes se sont épaissies. Les caractères de l'aquatisme ont donc diminué avec l'âge. Il faut mentionner enfin, la présence dans les bois âgés de coius libériens ou de liber intraxylaire, mais ces anomalies sont peu marquées et ne se trouvent pas partout.

Une autre plante vivant dans les marais salés et les rochers maritimes, c'est l'*Obione portulacoides* Moq. = *Atriplex portulacoides* L. Ce sous-arbrisseau possède des rameaux en général rampants, couchés sur le sol et, dans la vase où ils vivent le plus souvent, ils émettent parfois des racines adventives qui permettent aux branches, soit de s'affranchir, soit de recevoir un supplément appréciable de nourriture, à l'aide du courant dérivatif qu'un tel marcottage naturel fait aussitôt établir (fig. 2).

On sait, par les travaux de nombreux botanistes et en particulier par ceux de Fron (58), que diverses Chénopodiacées et

Salsolacées ont une structure spéciale et que celle de la tige de l'*Obione portulacoïdes* se rapproche par beaucoup de points des *Strychnos* (59).

Je me suis demandé si l'âge de la plante pouvait se reconnaître par le nombre des cercles formés par les îlots libériens inclus dans les bois secondaires ou tertiaires de cette tige et j'ai examiné comparativement deux coupes passant au-dessus (C D, fig. 2) et au-dessous (A B, fig. 2) des racines adventives, c'est-à-dire du courant dérivatif. Ces deux parties présentent des différences sensibles de grosseur et c'est la partie située au-dessus des racines qui est la plus épaisse (C D, fig. 2).

En coupe transversale, la section de la partie inférieure étroite (fig. 2, pl. LII) présente quatre cercles d'îlots libériens dans la région la plus épaisse, car la structure est dorsiventrale comme cela existe chez beaucoup de tiges rampantes. Or la coupe de la partie supérieure aux racines (fig. 1, pl. LII) possède six cercles d'îlots libériens dans sa région dorsale. Cela fait voir que si la disposition et le nombre de ces cercles est sous la dépendance de la facilité de l'exercice de l'aliment, ils sont jusqu'à un certain point indépendants de l'âge de la plante. Si l'on ne connaissait pas l'âge de ces deux parties poussées à quelques semaines d'intervalle, on donnerait un âge plus élevé à la partie la plus jeune.

Nous retrouverons des structures analogues chez diverses Dicotylédones à structure secondaire normale quand les tiges rampantes émettent des racines adventives et se marcottent naturellement en restant reliées pendant assez longtemps à la plante mère. Le courant principal de sève élaborée qui se rendait directement aux parties inférieures est arrêté par la dérivation radiculaire, en grande partie du moins. Cela modifie ipso facto la répartition des substances plastiques ; seules les parties directement desservies sont assez abondamment nourries pour s'accroître ; les autres, réduites à la ration d'entretien, ne grossissent plus.

On peut comparer ce phénomène à ce qui se produit dans la tige, lors de la formation d'un sympode ou d'une rosette : plus loin, je décrirai d'ailleurs de vrais sympodes radiculaires

(fig. 3) chez les plantes dont le pivot se détruit plus ou moins rapidement pour être suppléé par des racines adventives, véritables organes réparateurs, comparables physiologiquement aux rameaux réparateurs des sympodes exclusivement tigellaires (fig. 4). Pour préciser et distinguer ce mode de sympode, comprenant à la fois des portions de tige et de racine, je le désignerai sous le nom de sympode mixte (fig. 2).



Fig. 3. — Dérivation et sympode radiculaire chez le *Pedicularis palustris*. La racine principale *Rp* pivotante est en grande partie détruite et suppléée par une forte racine adventive réparatrice *Ra* qui a pris sa place.



Fig. 4. — Dérivation et sympode tigellaire de la branche fructifère chez le Poirier. Le bourgeon terminal, dont la croissance est épuisée après floraison et fructification, est suppléé par un rameau réparateur prenant naissance sur la bourse. La branche fructifère est ici en sympode alternant unilatéral.

A B, niveau de la coupe dans la bourse de l'année en voie de formation.

Chez l'*Hydrocotyle vulgaris*, le rhizome est épigé en grande partie et cette plante, au point de vue de l'habitat, n'est pas

aussi exclusive que les précédentes, car elle se contente des prés humides.

Quel que soit l'âge considéré, la structure reste primaire. Des canaux sécréteurs sont situés sous l'endoderme en face des faisceaux libéroligneux, plus rarement entre ces faisceaux. L'endoderme devient moins net dans les parties âgées dont l'activité chimique est moins marquée. L'écorce est partout lacuneuse, mais les lacunes diminuent en grandeur et en nombre dans les parties âgées de trois ans ou plus.

Ainsi, chez cette plante, il n'y a ni cambium ni phellogène, et cela tient plus à sa taille faible et à sa capacité fonctionnelle spécifique réduite qu'au milieu palustre. L'état rampant joue ici un grand rôle ainsi que l'ombre portée par les plantes au milieu desquelles elle est pour ainsi dire étouffée au moment de la belle saison. Et si elle se trouve en plein soleil, c'est qu'elle est associée à des mousses de marais (Sphaignes diverses) qui par leurs propriétés hygrométriques lui assurent l'eau dont elle a besoin. Le régime de l'eau est ainsi réduit à un courant d'eau insignifiant, facilement assuré par le bois primaire et par les racines adventives naissant aux nœuds du rhizome.

Ici les courants dérivatifs radiculaires sont de peu d'importance quant à la structure d'un végétal à tissus ligneux réduits à leur minimum; l'époque d'apparition des racines adventives et leur nombre n'ont point pour lui l'importance qu'ils prennent chez des plantes de taille plus grande, ainsi qu'on va le voir en étudiant des végétaux vivant dans les terrains inondés l'hiver et plus ou moins desséchés l'été, comme la Gratiolle, le *Pedicularis palustris*, etc.

La Gratiolle est une plante du bord des eaux, mais elle vit dans les parties qui souvent se dessèchent plus ou moins l'été. Elle possède un rhizome horizontal, rameux, drageonnant et, les tiges aériennes sont radicales à la base. On conçoit que le régime de l'eau varie sous l'influence des proportions d'eau différentes que les racines trouvent à leur disposition et que les courants végétatifs aériens puissent imprimer aux bois secondaires une structure plus tourmentée, moins régulière que chez

l'*Elodes palustris* et les plantes analogues dont les racines vivent en milieu sensiblement constant.

Il faut remarquer que, sur le rhizome, il se produit souvent des bourgeons adventifs qui peuvent redonner une certaine vitalité à des parties anciennes qui, avant le développement de ceux-ci, étaient à l'état de vie ralentie et ne recevaient que la ration d'entretien. Dans ce cas, il devient très difficile de reconnaître l'âge exact des diverses parties d'un rhizome.

Chez la partie du rhizome âgée de quatre ans, le bois secondaire forme un anneau complet, avec deux dos et deux ventres, et est symétrique par rapport à plusieurs plans; l'écorce est lacuneuse, comme chez les plantes aquatiques; l'épiderme, bien cutinisé, donne naissance à un phellogène plus ou moins actif. Les deux assises génératrices secondaires y sont représentées mais ont une activité inégale, ce qui est un cas très fréquent. L'endoderme n'a pas de plissements, et la moelle n'a pas de lacunes.

Les vaisseaux ligneux sont arrondis et ne présentent pas entre eux de grosses différences. Mais ce qu'il y a de curieux, c'est qu'ils ne sont pas également cutinisés, ce qui, après double coloration au carmin et au vert d'iode fait apparaître une sorte de zone circulaire non lignifiée, ou à peine, entre deux couches, l'une interne, l'autre externe, de bois lignifiés, absorbant bien le vert d'iode, et à membranes plus épaisses.

Cette structure se retrouve chez beaucoup de plantes gazonnantes ou rampantes, ainsi qu'il en est cité plus loin de nombreux exemples. Ces différences correspondent à des rythmes particuliers de végétations, suivant que la tige est plus ou moins érigée ou couchée sur le sol.

La coupe de la partie âgée de trois ans est semblable à la précédente, mais l'écorce est plus épaisse et plus lacuneuse. Des couches de liège se montrent en certains points sous l'épiderme, mais non sur tout le pourtour de la coupe.

Dans la partie âgée de deux ans, le rhizome ne diffère des parties plus vieilles que par la moindre épaisseur de l'anneau ligneux, par de plus grandes lacunes dans l'écorce et par la présence de trois couches de liège.

J'ai également étudié une racine adventive âgée de trois ans. On y trouve des bois séparés par des rayons médullaires larges. Les lacunes sont localisées dans l'écorce externe à laquelle fait suite l'écorce interne à cellules en séries radiales et tangentielles.

Le *Pedicularis palustris* vit dans les prés tourbeux ; il donne une tige à *rosette*, le bourgeon terminal cessant de s'allonger de bonne heure parce qu'il s'établit à son détriment des courants latéraux dérivatifs qui se rendent dans les feuilles. L'année suivante, le bourgeon principal reprend sa vitalité pendant que les courants dérivatifs cessent de fonctionner, et une tige florale unique, dressée et rameuse, s'élève dans l'air. A ce moment cette tige seule assure la vie de la plante, car quand la plante fleurit, les feuilles de la rosette ont disparu. Dans les exemplaires que j'ai étudiés, la racine principale (*Rp*, fig. 3) était détruite en partie et était remplacée par une forte racine latérale (*Ra*, fig. 3).

La coupe de la racine montre deux bois très différents, et cela qu'il s'agisse du niveau C D ou du niveau A B (fig. 3) : l'un central formé pendant la phase de rosette comprend le bois primaire entouré de bois secondaire bien vascularisé, puis une couche de parenchyme presque sans vaisseaux.

Le bois de montée à fleurs commence ensuite et forme un anneau complet de bois dur et épais, qui comprend du bois de printemps et du bois d'automne. L'endoderme est indistinct.

Le liber est moyennement développé. Un liège assez épais s'exfolie plus ou moins.

En C D, fig. 3, le bois de fructification, dur et sensiblement uniforme, est développé d'un seul côté ou dorsiventral (fig. 4, pl. XLI). Cela tient à ce que la racine principale ou pivot *Rp* est suppléée à ce moment par une grosse racine adventive *Ra*, formant une dérivation radiculaire sympodique (fig. 3).

A mesure que l'on s'éloigne de la dérivation, la partie ventrale est de plus en plus développée. Ainsi en A B, fig. 3, la région centrale dure du bois de rosette et du bois primaire est nettement séparée du bois de fructification par du parenchyme à membranes minces. Quelques paquets de vaisseaux ligneux y

pénètrent en pointe à la façon de pointements primaires. Et, dans les parties où la nécrose de la partie centrale dure est complète et où se trouve une lacune à la place, on croirait être en présence d'une tige avec pointements primaires dans la moelle (fig. 3, pl. XLI).

Cette disposition de la plante, d'abord à rosette, puis à tige dressée, se trouve réalisée surtout chez un grand nombre de plantes terrestres et aériennes. L'influence du milieu aquatique est donc ici vaincue par le mode héréditaire de développement, quant au tissu ligneux. Toutefois l'aquatisme se reconnaît encore aux lacunes de l'écorce qui persistent, le liège étant d'origine plutôt superficielle. La structure du *Pedicularis palustris* établit donc le passage entre la structure des plantes aquatiques palustres et celle des plantes herbacées aériennes à rosette, tout en étant plus voisine de celles-ci.

Prenons maintenant, au même point de vue, les plantes semi-ligneuses palustres ou des lieux très humides l'hiver et se desséchant plus ou moins l'été, par exemple le *Comarum palustre*, les *Oxycoccus* et Ericacées voisines.

Le *Comarum palustre*, a une tige couchée rougeâtre ; son rhizome progresse et se détruit avec rapidité et ne porte que de faibles racines adventives. Cette disparition des parties anciennes au fur et à mesure que se développent les parties jeunes se retrouve chez la plupart des rhizomes, à croissance définie ou indéfinie.

La tige semi-ligneuse de cette plante comprend un bois secondaire bien développé, et un liège épais disposé par strates avec bandes tendres alternant avec des bandes dures.

Les bois sont formés de vaisseaux étroits, ronds et plus nombreux au printemps qu'à l'automne. La distinction entre les bois de printemps et d'automne n'est pas toujours bien nette. Les membranes sont épaisses comme chez une plante luttant contre la sécheresse, et cela pourrait surprendre chez une plante palustre si l'on ne suivait avec soin les variations du régime de l'eau qu'elle subit suivant les saisons.

Elle vit, en effet, dans les marais l'hiver et au printemps, c'est-à-dire au moment de sa vie ralentie. Le liège abondant qui

l'entoure l'empêche de pourrir par la pénétration de l'eau dans ses tissus internes. L'absence de feuilles supprime la transpiration et un courant d'eau ne s'établit qu'à la pousse printanière. Mais à ce moment, la chaleur devient plus forte et généralement la sécheresse augmente au point que les fossés tourbeux où le *Comarum* pousse deviennent de plus en plus secs, et il éprouve des difficultés pour que la racine suffise à la transpiration de ses feuilles robustes. Il est donc naturel qu'il présente des adaptations à la lutte contre la sécheresse, un bois dur et du liège étendu. L'épithète de *palustris* n'est justifiée que par la station et non par l'écologie et c'est là un fait qui se retrouve pour divers végétaux.

Il faut remarquer encore que la coupe de la tige est nettement dorsiventrale, ce qui est la conséquence naturelle de son état rampant, et c'est là un fait que l'on trouve constamment chez les plantes à rhizomes ou à tiges rampantes.

Beaucoup de plantes des landes tourbeuses, de la terre de bruyère et des autres lieux inondés l'hiver et brûlés par le soleil de l'été, se trouvent dans des conditions écologiques analogues au *Comarum*, mais les variations du régime de l'eau sont pour elles encore plus accusées. Aussi présentent-elles des bois particuliers et un liège très prononcé, montrant bien que ces tissus sont des adaptations écologiques correspondant à des facteurs morphologiques de même ordre. Telles sont les plantes suivantes à feuilles persistantes : *Oxycoccus macrocarpus*, *Cassiope hypnoides*, *Gaultheria procumbens*; ou à feuilles caduques, comme le *Vaccinium Myrtillus*, etc. Toutes ces Ericacées ont un bois dur spécial, caractéristique, à vaisseaux étroits, à couches concentriques plus ou moins confuses, et dont le nombre ne correspond pas à l'âge, dans la plupart des cas. Le liège est très développé et cela se comprend car, s'il est transparent pour l'assimilation, il s'oppose au passage de l'eau. Les feuilles sont elles-mêmes adaptées au milieu sec, et ces plantes poussent lentement en restant de petite taille, ce qui contribue encore à l'uniformité de leurs bois.

La figure 2, planche VII, donne l'aspect de la coupe de la tige de l'*Oxycoccus macrocarpus* âgée de huit ans. En la com-

parant : 1° à la figure 1, planche VII, qui est celle d'une tige de huit ans d'un *Vaccinium myrtillus* ; 2° à la figure 4, planche XLVII qui correspond à la tige d'un *Comarum palustre*, on sera immédiatement frappé par les convergences anatomiques que présentent les bois secondaires de ces végétaux.

Toutefois ces convergences ne se rencontrent pas chez toutes les plantes palustres ligneuses ; parmi les types divergents, on peut citer le *Dirca palustris* (fig. 4, pl. LI), qui sera décrit plus loin avec détails dans la partie expérimentale de ce travail.

II. — Plantes terrestres et aériennes

Les plantes submergées, ne transpirant pas, ont un système ligneux très réduit, comme nous l'avons vu. Mais, chez les plantes à feuilles nageantes ou à feuilles aériennes, le tissu ligneux se développe avec la fonction de transpiration et les formations secondaires apparaissent chez certaines espèces. Elles sont formées de bois uniformes et cela s'explique par l'absence de variations dans la fonction d'absorption qui s'exerce dans un milieu constant.

Déjà les plantes palustres nous ont permis de constater des changements de milieu à la fois chez l'appareil aérien et chez l'appareil souterrain. Il peut arriver que celui-ci, par les chaleurs de l'été, souffre de la sécheresse et que sa végétation d'automne donne des bois d'automne différents des bois de printemps. De là l'apparition de couches concentriques plus ou moins nettes dans les bois secondaires de la tige coupée transversalement.

Ces bois différents résultant des inégalités saisonnières dans le régime de l'eau circulant dans la plante et des conditions spéciales qui amènent le passage de la vie active à la vie

ralentie et vice-versà peuvent être considérés comme des tissus *physiologiques*.

On peut de même envisager les tissus subérifiés engendrés par le phellogène comme d'autres formations physiologiques et cela d'autant mieux que nous en retrouvons de semblables dans diverses plantes grasses adaptées à la vie en milieu sec, chez le *Portulaca afra* et diverses Euphorbiacées par exemple, et dans certains arbres, comme chez les Rosacées.

Mais les tissus ligneux physiologiques secondaires qui sont plutôt des exceptions chez les plantes aquatiques deviennent presque la règle chez les plantes terrestres et aériennes, parce que celles-ci vivent dans des milieux beaucoup plus variés et présentent des adaptations spécifiques beaucoup plus étendues. Et cela ne concerne pas seulement une espèce donnée mais encore les organes qui la constituent et qui, par la division du travail, permettent à la fonction primordiale de la nutrition de s'exercer au mieux des intérêts de la plante et de la conservation de l'espèce. Ces organes présentent souvent des modes de vie très différents, étant adaptés à des fonctions également très différentes.

La réponse anatomique faite par un tissu donné, comme par exemple le bois secondaire, dépendra donc à la fois des caractères spécifiques héréditaires des végétaux considérés, de la complexité et de la spécialisation particulière des organes et des changements plus rapides, plus ou moins espacés du milieu, ceux-ci pouvant être progressifs et continus ou brusques et espacés (à-coups de végétation).

Il en est en effet ainsi, comme je vais le démontrer dans la suite de ces notes où, après avoir examiné un certain nombre de types évoluant dans leur milieu normal, j'étudierai les variations produites dans leurs bois secondaires par certains excitants que j'ai employés systématiquement avec des seuils d'intensité et de durée suffisants pour amorcer les réactions et leur permettre à la fois de s'effectuer et de s'enregistrer distinctement.

A ces divers points de vue, j'ai examiné successivement des plantes grasses et des plantes herbacées ordinaires, non grasses,

appartenant à des familles diverses et offrant des rythmes de végétation variés.

A) PLANTES GRASSES

Les plantes de cette catégorie ont une structure spéciale en général bien connue, et Van Tieghem a signalé les *Opuntia* et les Mammillaires comme des plantes dépourvues de couches concentriques ligneuses. Toutes présentent une adaptation spéciale à la vie en milieu sec et des parenchymes riches en acides, retenant fortement l'humidité ; les bois sont généralement réduits.

J'ai étudié seulement quelques plantes grasses indigènes et certaines plantes grasses exotiques, cultivées depuis plus ou moins longtemps dans les serres du jardin des plantes de Rennes.

1° *Plantes grasses indigènes.* — Les plus communes dans notre région sont les *Sedum rubens* et *reflexum*.

La tige d'un *Sedum rubens*, âgée de deux ans, possède deux îlots ligneux, en éventail, séparés par deux bandes de parenchyme formant une croix avec eux. Les bois secondaires sont uniformes et rappellent un bois particulier que l'on retrouve dans beaucoup de plantes rampantes ou à tiges partiellement couchées, en particulier chez les Caryophyllées, et qui sera décrit plus loin en détail chez le *Stellaria graminea*.

La moelle, assez développée, ne présente rien de particulier. Le liber, bien caractérisé, forme un anneau complet, bien que les bois sont fractionnés. L'écorce, épaisse, est quelque peu lacuneuse ; le phellogène donne un liège épais avec quelques couches de phelloderme.

Chez le *Sedum reflexum*, dans la tige âgée de plusieurs années, on trouve en général : 1° Cinq gros faisceaux libéroliigneux se ressemblant beaucoup comme disposition et forme des vaisseaux et de petits faisceaux intercalaires. 2° Dans certains échantillons, ces cinq faisceaux ont tendance à se réunir en un cercle complet par l'intermédiaire de fibres qui se développent

dans les rayons médullaires entre les cinq gros faisceaux et au-dessus des petits faisceaux intercalaires. Ces fibres forment ainsi une sorte de bande sinueuse.

La moelle est lacuneuse, mais moins épaisse que dans le *Sedum rubens* ; le périderme est également moins étendu.

Dans les bois secondaires, les tissus sont assez uniformes. Toutefois on y trouve des parties inégalement lignifiées que mettent en évidence les colorants verts ; mais on ne peut distinguer aucune séparation nette en bois de printemps et en bois d'automne ; par conséquent il n'y a pas de couches ligneuses concentriques.

Le liber est continu ou tend toujours à le devenir.

J'étudierai, avec les plantes grasses, une espèce halophyte, l'*Halianthus peploides*, Caryophyllée commune au bord de la mer, où elle pousse dans les sables et les dunes baignées par les embruns. Son rhizome, longuement traçant, est très ramifié et sert surtout à la multiplication de la plante qui fleurit rarement et fructifie peu, bien que j'aie trouvé des pieds à nombreux fruits à Erquy (Côtes-du-Nord).

Une coupe passant dans un rhizome âgé de deux ans, provenant d'Erquy, présente la disposition suivante (fig. 7, page 53) :

Au centre une moelle dont les cellules internes se sont comprimées par la pression du bois secondaire (parenchyme de compression). Autour de la moelle du bois primaire autour duquel le bois secondaire, à vaisseaux arrondis disséminés sans ordre dans du parenchyme non lignifié, forme un anneau complet sans trace de couches concentriques. L'anneau de liber est assez épais et dans la partie profonde de l'écorce, le phellogène donne un liège épais, uniforme, à membranes assez minces, et en dedans du phelloderme.

Dans des échantillons cultivés au jardin des plantes de Rennes et âgés de trois ans, la coupe ne présentait pas de parenchyme de compression dans la moelle, et le liège, plus épais, était aussi plus dur. Par ailleurs, il n'y avait pas de différences profondes.

Cette plante présente en somme le bois des Caryophyllées

terrestres, mais modifié dans le sens habituel de l'adaptation au milieu marin.

Tout aussi instructives sont les structures des plantes grasses exotiques que j'ai pu examiner : *Portulaca afra*, *Euphorbia grandident* et *E. splendens*, *Crassula lactea*, *Senecio scandens*, etc.

Le *Portulaca afra* (fig. 3, pl. VI), dans sa tige âgée de plus de 50 ans, a la structure suivante :

Au centre une moelle assez épaisse, en forme d'olive, à grandes cellules, avec méats, est entourée par des compartiments ligneux, se ramifiant en V et séparés par des rayons médullaires d'ordre variable, mais toujours nets. Ces bois secondaires sont formés alternativement de paquets vasculaires séparés par des

5

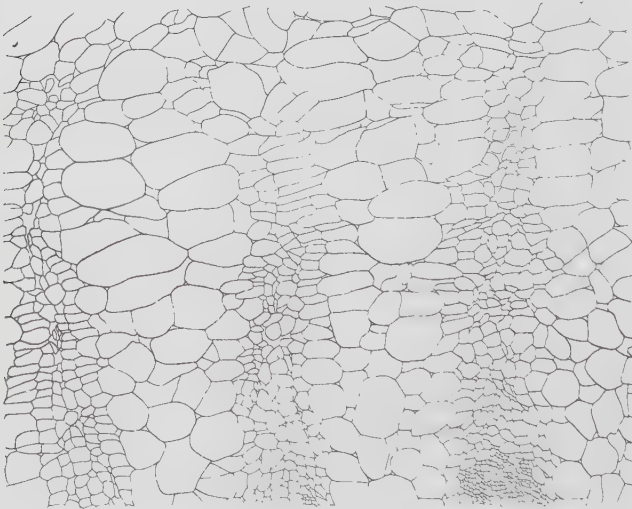


Fig. 5. — Parenchyme de dilatation du *Portulaca afra* dans les rayons médullaires au voisinage du liber et de l'écorce.

fibres ou du parenchyme à membranes minces, de façon à présenter des sortes de couches concentriques plus ou moins distinctes, mais en nombre inférieur à celui des années vécues par la tige. Le liber, bien caractérisé, forme des bandes prolongeant

les compartiments ligneux et séparées par les rayons médullaires à parenchyme de dilatation très étendu vers la périphérie, au voisinage de l'écorce (fig. 5).

Des fibres péricycliques comprimées se trouvent encore au sommet des bandes libériennes ; puis vient l'écorce avec ses larges cellules, et enfin le périderme, très important et très différencié. Le phellogène, très actif et bien caractérisé donne du phelloderme abondant vers l'intérieur et du liège épais, à l'extérieur. Ce liège est formé par des cellules à couches superposées, formées de liège mou et de liège dur à l'extérieur, avec dépôts de matières colorantes (phlobaphènes). Ces couches successives sont très nombreuses et très visibles surtout dans les parties non épaissies de la membrane de chaque cellule de suber. Cette forme de liège, où les cellules sont épaissies seulement à la face supérieure, offre une certaine analogie avec celle qu'on observe chez diverses Rosacées à pépins, comme le Néflier par exemple.

La tige d'*Euphorbia grandidens*, provenant d'une bouture faite en serre, à Rennes, il y a plus de 50 ans, possède une moelle épaisse, à grandes cellules, autour de laquelle se voient très nettement les pointements primaires dont quelquefois les petits vaisseaux sont écrasés.

Vient ensuite du bois secondaire assez épais, à rayons médullaires formés d'une seule épaisseur de cellules ; on y voit assez nettement deux couches concentriques et même une ébauche de la troisième. La distinction provient tantôt de l'épaississement des membranes, tantôt de leur rétrécissement tangentiel, tantôt des deux procédés à la fois.

Le liber, peu étendu, porte des fibres péricycliques en face des faisceaux primaires. L'écorce, assez puissante, est formée de larges cellules. Le phellogène donne du phelloderme, avec du liège en abondance, mais uniforme, à ce moment du moins (fig. 1, pl. VI).

L'*Euphorbia splendens*, dans sa tige âgée de 50 ans au moins, présente une structure assez voisine de la précédente. La moelle est disposée de la même manière. Les pointements primaires sont moins nets, car ils sont le plus souvent écrasés par la pression des tissus secondaires qui les entourent.

Les bois secondaires, semblables à ceux de l'*Euphorbia grandidens*, ne possèdent que trois à quatre couches concentriques plus ou moins nettes, surtout les plus anciennes. Le reste des tissus présente également beaucoup de ressemblance avec ceux décrits ci-dessus. Toutefois le liège, plus développé, forme des couches sinueuses, beaucoup plus nombreuses et plus serrées, tout en restant à membranes assez minces (fig. 2, pl. VI).

Dans le *Senecio scandens*, la structure de la tige offre aussi beaucoup d'analogie avec celles des plantes grasses que je viens de décrire. Toutefois, il y a quelques différences : le bois primaire est entouré d'un arc plus ou moins épais de parenchyme scléreux, et l'on y trouve un endoderme à plissements nettement caractérisés. Le phellogène donne un liège épais formé de couches alternativement à membranes minces et à membranes épaissies sur les deux faces, ce qui le distingue nettement du liège du *Portulaca* et des *Euphorbia* (fig. 49).

Les bois secondaires présentent des couches concentriques peu distinctes, les cellules étant parfois plus ou moins aplaties tangentiellement, mais cet aplatissement est en général peu marqué et irrégulier (fig. 4, pl. VI).

Le *Crassula arborea* possède, dans sa tige, âgée de deux ans, une structure spéciale. Au centre, la moelle formée de cellules sans méats sur les bords de laquelle pénètrent en coin les bois primaires très étendus. Les bois secondaires sont formés d'îlots de vaisseaux entremêlés de parenchyme mou et disséminés dans un anneau épais de fibres épaissies. Cette disposition offre un aspect assez voisin, toute question d'origine à part, avec celle que l'on observe chez les plantes à liber intraxylaire, mais les inclusions sont vasculaires chez le *Crassula*. Ces îlots vasculaires sont disposés sensiblement en cercles, mais ceux-ci n'ont aucun rapport avec le nombre des années.

Le liber est peu développé, l'endoderme indistinct. L'écorce est formée de cellules sans méats. Le liège, très développé, est composé de cellules uniformes, à membrane supérieure épaissie, quand la membrane inférieure reste mince ; c'est en moins épaissi et sans phlobaphènes, un liège rappelant celui du *Portulaca*,

Dans le *Crassula lactea* (fig. 6), le bois secondaire n'est pas un anneau continu, du moins chez les exemplaires âgés d'un an que j'ai étudiés. Ce bois offre une certaine analogie avec celui

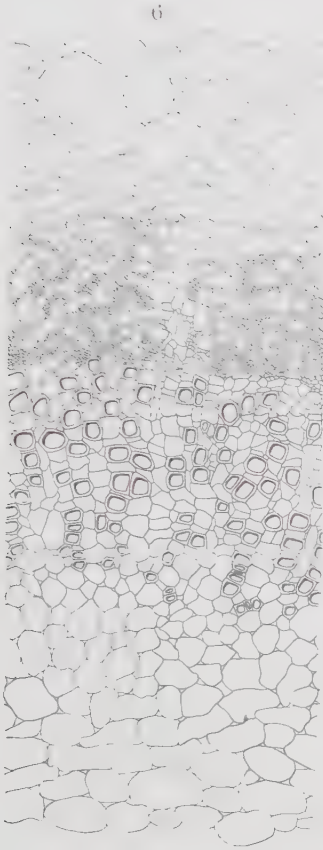


Fig. 6. — *Crassula lactea*. Portion de la coupe transversale de la tige âgée de deux ans.

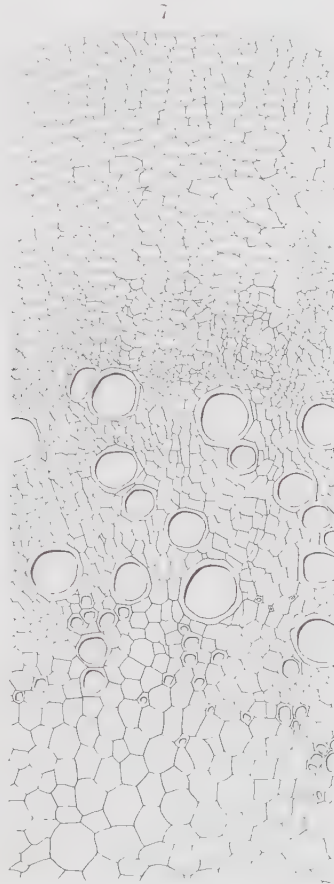


Fig. 7. — *Halianthus peploïdes*. Portion de la coupe transversale du rhizome âgé de deux ans.

de l'*Halianthus peploïdes* ainsi qu'on en peut juger par les figures 6 et 7, et même avec celui de diverses plantes à rhizomes. Le liège, épais, est formé de cellules assez semblables à celles

de *Crassula arborea*, mais il y a plusieurs phellogènes successifs, visibles quand l'exfoliation n'a pas eu lieu, ce qui est fréquent chez les plantes grasses. L'endoderme est indistinct.

Les *Rhipsalis* ont une moelle normale, une couronne unique de bois secondaire, sans couches concentriques, avec de larges rayons médullaires ; le liber est peu étendu, entouré par un faible anneau de fibres péricycliques. Le parenchyme cortical est riche en cristaux en oursin, ainsi que la moelle. Le liège, moyennement épais, est formé de cellules à membrane supérieure épaisse, avec phlobaphènes. L'endoderme est indistinct.

La structure de la tige du *Mesembryanthemum* étant bien connue, je n'insisterai pas sur les caractères des bois à inclusions libériennes. Je ferai seulement remarquer l'abondance d'un liège profond en couches stratifiées, alternativement à membranes minces et à membranes épaissies.

De l'examen de ces structures on peut conclure que, chez les plantes grasses, il y a deux adaptations simultanées. La première consiste à l'adaptation au milieu interne humide, à cause de la réserve d'eau contenue dans les parenchymes et fortement retenu par les acides ; de là une réduction du tissu ligneux, comme chez les plantes aquatiques. La seconde qui est une adaptation à la sécheresse comme pour plantes xérophytes, consiste dans la formation d'un liège épais qui s'oppose à la transpiration exagérée de l'eau contenue dans les tissus.

On serait tenté de voir, dans l'endoderme si net du *Senecio scandens*, une convergence anatomique des plantes grasses avec les plantes aquatiques où ce tissu est si fréquent. Mais il s'agit plutôt ici d'un caractère spécifique de certains *Senecio*, car l'endoderme existe avec tout autant de netteté chez le *Senecio vulgaris* (fig. 3, pl. XXXIII), qui n'est ni une plante aquatique, ni une plante grasse adaptée spécialement au milieu sec comme le *Senecio scandens*.

En outre, il faut remarquer que, s'il y a chez quelques plantes grasses des couches concentriques ligneuses plus ou moins nettes, il n'y en a pas partout ; et, quand elles existent, elles ne correspondent pas exactement à l'âge de la plante.

B) PLANTES HERBACÉES ORDINAIRES

On peut, avec la plupart des auteurs, classer ces végétaux en plantes monocarpiques et en plantes polycarpiques.

1. PLANTES MONOCARPIQUES

La durée des plantes monocarpiques est fort variable et les botanistes classificateurs ne s'accordent pas toujours sur ce point. Pour les uns, telle espèce est annuelle ; pour d'autres, elle est bisannuelle, parfois plurannuelle. Même il peut y avoir des plantes normalement monocarpiques qui deviennent polycarpiques tout en restant annuelles, ou bisannuelles, ou plurannuelles ou qui peuvent présenter des types vivaces, végétant un nombre variable d'années en donnant plusieurs fructifications.

Il m'a paru intéressant de rechercher :

1° Les relations existant entre les tissus secondaires et le mode de vie chez certaines espèces ayant des rythmes de végétation semblables ou différents, ainsi que chez les organes d'une même plante présentant des fonctions diverses, lorsque le milieu extérieur reste normal et le mode de développement régulier, conforme aux adaptations héréditaires ;

2° Les modifications qui se produisent quand la plante ou l'un quelconque de ses organes présentent un développement abrégé ou prolongé, faisant ainsi varier accidentellement la durée de la plante ; en particulier les changements qui se produisent dans le tissu secondaire ligneux et le rapport entre le nombre des couches concentriques ligneuses et les années.

Au point de vue organogénique, il y a lieu de distinguer non seulement la tige et la racine, mais aussi leurs modes si variés de ramification. Tantôt le bourgeon terminal est à croissance indéfinie et l'emporte nettement sur les bourgeons latéraux ; la ramification latérale est toujours plus faible que l'axe principal. Et le courant d'eau est plus fort chez celui-ci que dans les parties latérales (fig. 8). Tantôt au contraire le bourgeon terminal est à croissance définie et à un moment donné sa crois-

sance s'arrête pendant qu'un bourgeon latéral, dit bourgeon réparateur, le supplée en prenant sa place et en formant un sympode, à la façon de ce qui se passe pour certains arbres (fig. 4).

Entre la ramification indéfinie et la ramification sympodique, il existe des sortes de passages, de même qu'il y a des degrés dans les deux modes de ramification, constituant les ports caractéristiques des espèces, décrits avec soin par les botanistes.

Ainsi, chez les plantes dites acaules, la croissance des entrenœuds est très faible, parce que le bourgeon terminal perd de bonne heure et provisoirement la faculté de s'accroître en longueur. Le courant principal d'eau qui l'alimente est dérivé au profit des bourgeons latéraux et des feuilles formant rosette jusqu'à ce que les réserves accumulées dans la racine étant suffisantes pour assurer la fructification, le bourgeon terminal reprenne sa capacité de croissance et s'allonge pendant que, au contraire, les courants latéraux dérivatifs cessent plus ou moins

8



Fig. 8. — Jeune plant de *Xanthium strumarium* ne formant pas de rosette, et montant rapidement à fleurs. A B, niveau de la coupe de la racine.

La couche de bois est uniforme, sans bois de rosette.

10



Fig. 10. — Un pied de *Digitalis purpurea* en fleurs. Les feuilles de la rosette sont presque toutes desséchées et tombées ; elles sont supplées à ce moment par les feuilles de la tige dressée et fleurie (phase de fructification).

rapidement et plus ou moins complètement de fonctionner. Ainsi se succèdent deux modes de croissance qu'on peut dési-

gner, comme je l'ai fait (60), sous les noms de *phase de rosette* (fig. 9) et de phase de montée à graines ou *phase de fructification*, celle-ci correspondant à l'allongement de la tige, à sa ramification, plus ou moins grande, et au développement complet de l'appareil reproducteur (fig. 10).

Les temps mis par la plante à parcourir ces deux phases constituent des caractères utilisés par les botanistes pour distinguer les plantes annuelles, bisannuelles ou plurannuelles. Sous le rapport de la durée, c'est la phase de rosette qui présente les variations les plus accentuées, car une fois la phase de fructification commencée, elle s'accomplit vite en général. Mais, dans les deux phases, le milieu extérieur, s'il agit par à-coups, peut avoir une grande influence sur la croissance en causant des arrêts brusques ou progressifs suivis de reprises de

9



Fig. 9. — Pied de *Verbascum Thapsus*, à la fin de la phase de rosette. Les feuilles ombrées correspondent aux feuilles les plus vieilles, desséchées, dont le rôle actif est terminé. A B, niveau de la coupe.

Cette plante, âgée d'un an, provient d'un semis effectué l'été, ayant passé l'hiver à l'état de vie ralentie.

Son bourgeon terminal est sur le point de reprendre la prédominance sur les bourgeons latéraux, qui s'atrophient, sauf dans le cas de destruction accidentelle du bourgeon principal.

végétation brusques ou progressives. A ces conditions écologiques variées correspondent des structures particulières dont l'étude a été à peine ébauchée jusqu'ici et qui peuvent se ranger

en deux catégories : les structures simples et les structures complexes qui dérivent cependant toutes d'un type fondamental.

Ce type fondamental peut être facilement rencontré dans les racines ou même parfois dans l'axe hypocotylé des plantes herbacées annuelles.

Peu après la germination, bon nombre de plantes forment une rosette de feuilles, puis la racine s'allonge; un nouveau cercle de feuilles se forme alors pendant que la racine reste stationnaire et ainsi de suite. Il y a ainsi des alternances de végétation entre les racines et les feuilles pendant toute la phase de rosette. Or à ces phases correspondent soit des parenchymes, soit des vaisseaux, dans les compartiments ligneux. Et ces vaisseaux, disposés souvent en séries circulaires et radiales, donnent, à un grossissement convenable, l'illusion de couches concentriques plus ou moins distinctes et plus ou moins nombreuses suivant l'état plus ou moins fourni des cercles foliaires, dont les entrenœuds alternes sont si courts qu'ils sont sensiblement sur un même plan pour une divergence donnée.

Lorsque la phase de rosette est achevée, la tige se développe plus ou moins suivant les espèces et souvent se ramifie, soit dès la base, soit vers une hauteur variable. La fonction de soutien qui, dans la phase de rosette, était réduite à un minimum, la rosette s'étalant sur le sol, devient à ce moment d'autant plus importante que le poids des parties aériennes est plus élevé. De là formation d'un bois très différent du précédent auquel il se relie par un passage gradué. Ce bois riche en fibres et en parenchyme ligneux épaissi avec vaisseaux mieux lignifiés, est un bois de plus en plus dur tandis que le bois de rosette était un bois mou.

Il résulte de là que, sur une coupe transversale de la racine, au voisinage du collet, on trouve deux couches ligneuses concentriques très distinctes aux extrémités opposées, passant insensiblement de l'une à l'autre et représentant deux bois physiologiques différents : une couche de bois mou comprenant le bois primaire et le bois de rosette ; une couche de bois dur correspondant à la pousse aérienne et à la fructification.

Cette structure typique existe chez beaucoup de plantes

monocarpiques qu'il s'agisse de plantes annuelles, bisannuelles ou plurannuelles; par conséquent elle est indépendante jusqu'à un certain point de la durée relative de la vie. Cela fait voir le genre d'erreurs que pourrait commettre celui qui, en comptant le nombre des couches ligneuses concentriques, s'imaginerait connaître l'âge de telles plantes. La Laitue cultivée, qui est essentiellement annuelle, a la même structure (fig. 4, pl. I), à ce point de vue, que la Carotte qui est bisannuelle (fig. 4, pl. II) ou que les pieds plurannuels de la Vipérine par exemple (fig. 3, pl. LI).

La croissance et la fonction de réserve plus ou moins développée ainsi que la pression exercée par le bois de fructification sur les bois de rosette amènent des variations secondaires de structure déjà signalées chez d'autres plantes, comme les Aristoloches par exemple. Il est fréquent de trouver, à la phase de rosette, des parenchymes de dilatation très développés (Laitue, Carotte, etc.) situés dans la moelle ou les rayons médullaires et rappelant ceux que j'ai figurés chez le *Portulaca afra* (fig. 5). De même, à la fin de la végétation, la moelle, vidée de ses réserves et pressée par le bois dur, présente des compressions caractéristiques, parfois très prononcées.

Ces formations caractéristiques sont surtout très accentuées chez les plantes cultivées en terrains riches, ainsi qu'on en peut juger par la figure 11 qui représente les divers parenchymes de dilatation dans la racine de la Laitue cultivée, et par la figure 12, qui donne une portion du parenchyme médullaire dilaté chez la Carotte rouge potagère.

Le parenchyme de compression est d'autant plus abondant que les tissus de réserve étaient plus développés et plus dilatés. On en trouve souvent en grande quantité à l'automne, après la floraison et la fructification.

Les proportions relatives des bois de rosette et de fructification sont extrêmement variables et dépendent des caractères héréditaires des plantes et des conditions écologiques. Quatre cas peuvent se présenter, et ils offrent entre eux tous les intermédiaires :

1° Les bois de rosette et de fructification sont sensiblement

égaux : Carotte et beaucoup d'Ombellifères, *Draba muralis* et diverses Crucifères, Géraniums divers, *Stellaria media*, *Silene conica*, *Aphanes arvensis*, *Polygonum Persicaria*, Dipsacées et familles diverses, etc. ;

2° Les bois de rosette et de fructification sont inégaux et

11

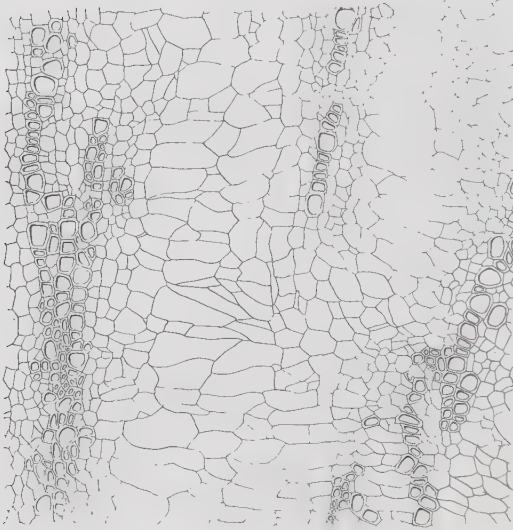


Fig. 11. — Laitue d'hiver montrant les parenchymes de dilatation des rayons médullaires.

Ces parenchymes sont particulièrement développés dans cette plante parce que la croissance, d'abord lente l'hiver après la plantation à l'automne, devient rapide au printemps lors de la formation de la pomme qui est en général fort grosse chez les races cultivées.

Les parenchymes, pour suivre l'accroissement de la racine, s'étirent fortement dans le sens tangentiel, tout en se divisant parfois dans le sens radial.

le bois de fructification prédomine : *Lithospermum arvense*, *Arabis Thaliana*, *Rhinanthus major*, *Centaurea Cyanus*, etc. ;

3° Le bois de rosette prédomine : *Oxalis stricta*, *Valeriana olitoria*, Pensées, etc. ;

4° Les bois de rosette et de fructification sont indistincts et les bois secondaires sont sensiblement uniformes : *Inula Pulicaria*, *Matricaria*, etc., des environs d'Erquy (Côtes-du-Nord).

Il est utile de faire remarquer dès maintenant que certains exemplaires peuvent présenter des séparations concentriques formées par des bois de dureté et de lignification plus ou moins différentes. Le niveau des coupes a son importance sous ce rapport, car la racine et la tige peuvent ne pas avoir une struc-

ture uniforme dans toute leur étendue. Et, suivant l'âge, telle distinction peut apparaître ou disparaître.

Ces différences, les unes spécifiques, les autres accidentelles, tiennent purement et simplement aux modes particuliers de développement et à l'importance relative des phases de rosette

12

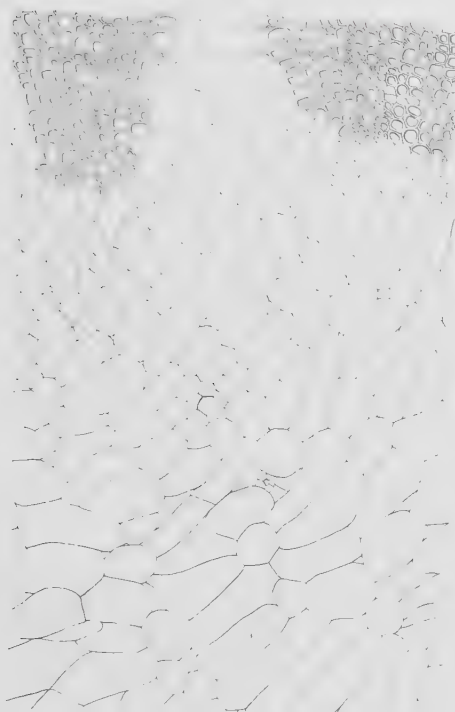


Fig. 12. — *Daucus Carota* à la deuxième année de son développement, montrant les parenchymes de dilatation dans la moelle et les rayons médullaires, avec deux canaux sécréteurs dans la moelle.

On peut remarquer que ces canaux sécréteurs sont de dimensions fort inégales.

Les parenchymes de dilatation sont eux-mêmes de forme différente suivant qu'ils font partie de la moelle ou des rayons médullaires. Dans la moelle ils sont formés de cellules allongées et irrégulières, entremêlées de cellules arrondies plus petites. Dans les rayons médullaires, les cellules se sont étirées dans le sens tangentiel, comme chez la Laitue.

Au moment de la montée à fleurs, les parenchymes médullaires sont riches en matières de réserve sucrées, et l'on y trouve parfois, surtout dans la variété *Daucus maritima*, de l'amidon en plus ou moins grande abondance (Echantillons d'Erquy).

et de développement aérien, aux caractères désignés par les botanistes classificateurs par les épithètes *acaulis*, *simplex*, *ramosus*, etc., ainsi qu'aux stations, aux variations climatologiques ou saisonnières ; en un mot à l'écologie spéciale de chaque exemplaire.

Comme exemple du premier type de structure, je vais décrire l'*Aphanes arvensis*, plante annuelle de la famille des Rosacées, particulièrement commune dans nos moissons,

Au centre d'une coupe passant dans la tige au voisinage du collet, on voit une moelle peu étendue dans la périphérie de laquelle pénètrent les bois primaires entourés de parenchyme pérимédullaire épaissi mais non lignifié. A ce bois primaire succède du bois secondaire rayonnant, à vaisseaux semblables à ceux du bois primaire, petits, ronds et séparés par du parenchyme médullaire. Ces vaisseaux deviennent de moins en moins nombreux vers la périphérie, en se rapprochant du bois de fructification, avec lequel le bois de rosette se raccorde par un passage gradué.

Le bois de fructification, bien différent du bois de rosette, est épais et dur. Cela tient à ce que, pour supporter la tige aérienne dressée, le stéréome doit se développer, quand, au contraire, il n'était pas nécessaire à la phase de rosette, où les feuilles reposaient sur le sol et où la tige était très courte. Le liber est peu développé.

Le périderme, d'origine profonde, est très épais; il comprend un liège en bandes circulaires formées d'un rang de cellules absorbant le vert d'iode en entier ou en partie et séparées par plusieurs couches de cellules à membranes minces. Cette disposition du liège en strates (fig. 47) se retrouve chez d'autres Rosacées, particulièrement chez des Potentilles (fig. 48) ; c'est un caractère de plus pour ne pas séparer les *Aphanes* des Rosacées comme l'ont fait certains auteurs (49).

Si l'on fait passer une coupe, au-dessus de la rosette, dans la tige aérienne, on ne trouve naturellement plus le bois de rosette, mais seulement le bois de fructification. C'est la preuve absolue de la justesse de l'interprétation de la structure que j'ai faite tout à l'heure. Le périderme, à ce niveau, forme, dès le début, des strates profondes, dont l'interne offre des plissements très nets en certains points et des membranes entièrement lignifiées dans d'autres. Au-dessus du liège, l'écorce peut persister un certain temps ; elle s'exfolie ensuite.

Tout aussi caractéristiques sont les coupes de *Daucus Carota* (fig. 3 et 4, pl. II), de *Conium maculatum* (fig. 2, pl. II), etc., etc.

Le deuxième type est réalisé dans la racine du *Lithosper-*

mum arvense. Le bois de rosette comprend un bois primaire à petits vaisseaux, puis du bois secondaire rayonnant dont les vaisseaux deviennent de plus en plus larges en s'éloignant du centre et sont entremêlés de parenchyme rayonnant et concentrique (fig. 13). Vient ensuite progressivement un bois de fructification dur, à larges vaisseaux ; dans ce bois, également rayonnant, on distingue parfois des sortes de couches concentriques dues à une inégale réaction des colorants, ce qui montre

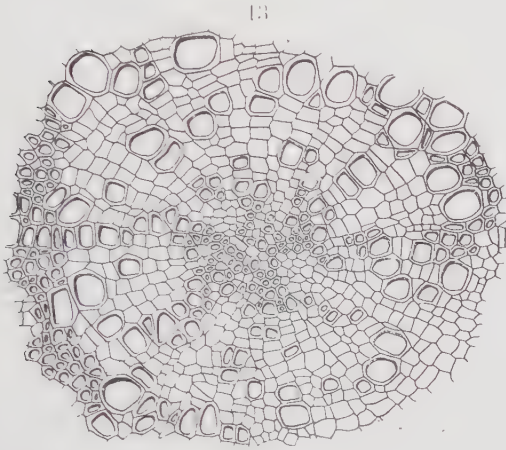


Fig. 13. — Bois primaire et bois de rosette de *Lithospermum arvense* en fleurs.

Les vaisseaux ligneux primaires sont très petits et à membranes épaisses. Les vaisseaux du bois secondaire vont en augmentant de diamètre, mais leur nombre est relativement faible.

A gauche de la figure, on voit le commencement du bois de fructification beaucoup plus dur et plus serré.

qu'il y a parfois des différences de lignification au moment de la ramification et de la fructification (fig. 1, pl. II).

Le troisième type, inverse du précédent, est réalisé d'une façon un peu différente dans la Pensée, la Valérianelle et le *Lactuca Scariola*.

Si l'on examine la coupe de la racine d'une Pensée cultivée, avant la fructification bien établie, on ne trouve que du bois de rosette (fig. 1, pl. I). Le bois de fructification apparaît tardivement et est en général peu développé ; si l'on ne connaissait cette particularité, on pourrait croire à une structure uniforme. Le bois de rosette offre une analogie remarquable avec celui de certaines Caryophyllées (Stellaires).

Chez les Valérianelles, le bois de fructification apparaît également assez tard. Le bois de rosette est rayonnant et dur,

par conséquent distinct du précédent qui est tendre et sans rayons (fig. 2, pl. I.)

Le *Lactuca Scariola*, qui emmagasine des réserves dans sa racine présente, sur une coupe de celle-ci (fig. 4, pl. I) un bois de rosette énorme formé de deux parties ; la première a ses faisceaux disséminés dans du parenchyme souvent dilaté ; la deuxième est formée par des bois rayonnants séparés par des rayons médullaires avec du parenchyme de dilatation très prononcé. Vient ensuite le bois de fructification, assez peu développé, au moins au début de la floraison. Le liber est très développé ainsi que le liège.

Le quatrième type ne comprend, à la fin de la végétation de la plante, que du bois de fructification. La phase de rosette a été très courte et le bois de rosette, avec le bois primaire, a été comprimé et durci de façon à devenir indistinct.

Les structures typiques que je viens d'indiquer et qui se rencontrent, comme on voit, dans des familles très diverses, peuvent présenter des modifications plus ou moins profondes portant sur la nature respective des bois de rosette et sur le nombre des couches concentriques que peuvent présenter les bois de rosette et de fructification, ensemble ou séparément. ,

Considérons par exemple le Mouron rouge, plante toujours annuelle. Quand il est à peine ramifié ou non ramifié, la coupe de la racine montre un bois uniforme qui correspond au bois de rosette et au bois primaire. La coupe de la racine des pieds en pleine fructification et bien ramifiés nous donne des couches concentriques plus ou moins nettement séparées et plus ou moins nombreuses. Au centre un faible bois de rosette est entouré par un bois de ramification très fibreux et très dur. Puis, presque brusquement, vient un bois de fructification plus tendre mais cependant assez dur dans lequel on trouve une zone plus dure se dégradant comme épaisseur des deux côtés, d'une façon uniforme. Ce fait a pour cause les alternatives de sécheresse et d'humidité du milieu extérieur, le Mouron rouge, par sa station et son mode de vie, étant sensible aux à-coups de végétation.

La présence de bois dur au centre et de bois plus tendre à la périphérie rappelle en somme la structure des plantes ligneu-

ses à duramen et aubier. On retrouve cette disposition chez diverses plantes appartenant à des familles éloignées, par exemple chez les *Verbena officinalis* âgés d'un an et monocarpiques accidentellement (fig. 1, pl. XI.II); chez diverses Légumineuses, comme *Trifolium procumbens*, *Medicago lupulina* et *M. apiculata* (fig. 3 et 4, pl. XXXII) où l'on voit trois couches au moins, dont une centrale très dure, une moyenne assez dure et épaisse et enfin un bois de fructification plus tendre, avec présence de fibres spéciales, à membrane très épaisse, mais non lignifiée, ou lignifiée sur le bord externe; chez le *Filago minima* (fig. 14 et 15), où le bois primaire assez dur est entouré

14

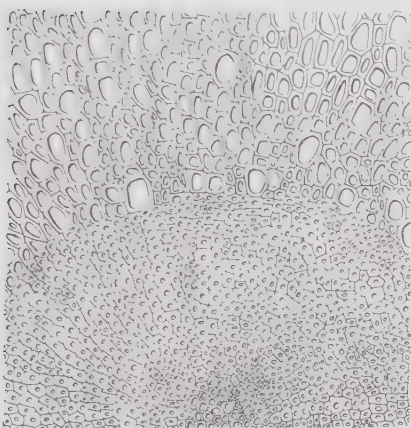


Fig. 14. — *Filago minima*. Bois primaire et bois de rosette entourés de la première couche de bois secondaire.

15

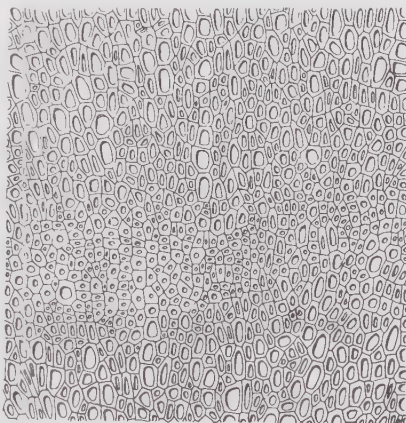


Fig. 15. — *Filago minima*. Deux zones de bois secondaires à fibres larges séparées par une zone de fibres dures à lumen plus étroit.

par un anneau fibreux absorbant vivement les colorants verts, puis est suivi brusquement par des bois plus tendres avec zones plus ou moins distinctes; chez le *Veronica elatine* où le bois de rosette plus dur, et à membranes plus épaissies, se continue insensiblement par un bois de fructification assez uniforme, plus tendre et plus étendu, etc.

La complication augmente chez beaucoup d'autres plantes où le nombre des couches concentriques est souvent considérable

et très variable suivant les exemplaires considérés et les conditions écologiques.

Ainsi chez diverses Papavéracées on trouve au centre de la coupe de la racine un bois de rosette, mou et peu étendu ; un bois de ramification, un peu plus lignifié et enfin un bois de fructification plus dur (*Papaver hybridum*, etc.). Chez le *Papaver Rhœas* (fig. 4, pl. XXVII), les bois de ramification et de fructification ont souvent tendance à former des couches concentriques et cette disposition est plus accusée encore chez l'*Argemone mexicana* (fig. 3, pl. XXVII) où les couches concentriques sont nettes, les vaisseaux ligneux étant disposés en cercles, entourés de parenchyme inégalement scléreux auquel fait suite un parenchyme mou. A la fin de la végétation, la sclérification des parenchymes devient plus ou moins complète et la séparation en couches concentriques perd alors sa netteté.

Un certain nombre de Crucifères monocarpiques sont très curieuses sous le rapport de la structure de leurs racines : telles sont les *Sinapis*, *Raphanus*, *Lunaria biennis*, *Capsella bursa pastoris*, *Lepidium sativum*, *Senebiera*, *Cakile*, *Sysimbrium austriacum*, etc.

L'*Arabis sagittata* présente un large bois normal de rosette entouré par un anneau de bois tendre auquel fait suite un bois dur de fructification où les paquets de vaisseaux sont inclus dans des fibres ligneuses très lignifiées.

Le *Capsella bursa pastoris* (fig. 2, pl. XXIX), le *Thlaspi arvense* (fig. 1, pl. XXX) et quelques autres Crucifères ont un bois secondaire de rosette assez dur qui écrase en partie le bois primaire. Vient ensuite un bois plus tendre à fibres qui vont en se rétrécissant comme chez le bois d'automne pour redevenir plus large dans le bois de fructification. Les vaisseaux sont plus larges et plus nombreux dans celui-ci. En somme, chez ces plantes, il y a trois catégories de bois secondaires passant de l'une à l'autre.

Le *Lepidium sativum* (fig. 1, pl. XXIX) présente des couches nombreuses concentriques à bois de lignification inégale. Les vaisseaux sont parfois incomplètement lignifiés, mais ce sont surtout les fibres qui offrent une lignification incomplète et

inéegale. Tantôt, quoique épaissies assez fortement, elles ne fixent pas le vert d'iode; tantôt elles fixent cette couleur sur leur face externe seulement; tantôt enfin elles la fixent dans toute leur étendue (fig. 16). Le bois de rosette est peu développé par rapport au bois de fructification.

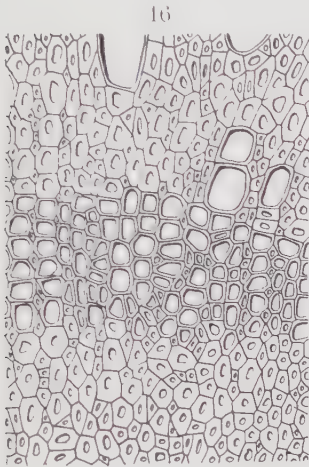


Fig. 16. — *Lepidium sativum*. On voit les curieuses différences de forme et de lignification des fibres auxquelles est dû l'aspect de couches concentriques.

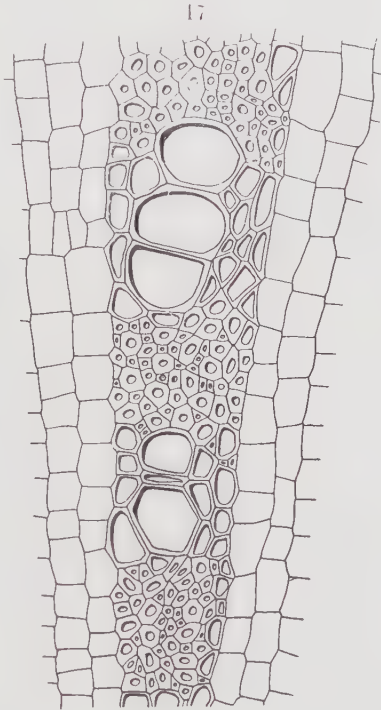


Fig. 17. — *Malva crispa* de 4 mois montrant la disposition des bois et des fibres dans un compartiment ligneux.

Les bois et les paquets fibreux étant disposés en cercles assez réguliers, la coupe semble formée de couches concentriques nombreuses.

Le *Cakile maritima* (fig. 1, pl. XXVIII) présente aussi de nombreuses couches dans l'axe hypocotylé. Il en est de même dans la racine du *Senebiera didyma* (fig. 4, pl. XXIX) et à moindre degré dans celle du *S. coronopus* (fig. 3, pl. XXIX).

Le *Sinapis alba*, dans la racine âgée de 6 mois d'un pied semé au Laboratoire de Botanique appliquée présentait un bois primaire diarque avec bois secondaire opposé en croix. Autour s'était formé un bois dur, assez épais, se terminant par des

fibres étroites avec vaisseaux à membranes bien lignifiées. Cette couche s'arrêtait brusquement et elle était suivie d'une couche de bois assez mou, à parenchyme longtemps prédominant, puis ce bois devenait peu à peu plus lignifié. Une nouvelle couche distincte venait ensuite et se distinguait d'un dernier bois à vaisseaux disposés en cercles par un épaississement très marqué des fibres diminuant à partir du point le plus épais vers le centre d'un côté et vers la périphérie de l'autre (fig. 2, pl. XXVIII).

Déjà, dans cette coupe, on aperçoit dans le bois de rosette voisin du bois de fructification à couches multiples des îlots de parenchyme d'étendue variable. Cette formation d'îlots est plus nette encore chez certains exemplaires, mais non dans tous, chez le *Sinapis nigra* de grande taille, mais les îlots sont localisés dans le bois de rosette et le bois de ramification et fructification en est dépourvu (fig. 3 et 4, pl. XXVIII et fig. 2, pl. XXX). Cette disposition présente quelque analogie avec celle d'une racine de Salsolacée âgée. Comme chez celle-ci, il y a sans doute deux modes successifs de formations secondaires ligneuses, mais produites bien entendu par un mécanisme différent.

Les inclusions de parenchyme ne m'ont pas paru exister dans les échantillons jeunes et de petite taille. Cela se comprend, le bois de rosette étant très réduit. Dans certains pieds vigoureux, le bois de rosette est au contraire très développé et les paquets ligneux, disposés en cercles concentriques, sont séparés par du parenchyme formant des couches continues et non des îlots.

Chez les *Raphanus*, le bois de rosette présente des couches concentriques nombreuses, dont le nombre est en rapport avec le développement relatif de la rave, chez les types à tubercule allongé. Souvent des plaques ou des zones circulaires apparaissent grâce à la matière colorante contenue dans les parenchymes de réserve.

Les dispositions les plus curieuses sont celles que l'on rencontre chez les *Sysimbrium austriacum* et *Lunaria biennis*.

Considérons un pied de *Sysimbrium austriacum* bisannuel. La première année, il donne une forte rosette et si l'on coupe sa racine on la trouve formée d'un bois de rosette mou dans

lequel les vaisseaux sont disposés en files radiales plus ou moins irrégulières dans un parenchyme de réserve non lignifié (fig. 3, pl. XLIV). Un pied de cette plante, à la deuxième année de développement, présente en plus un bois de fructification beaucoup plus dur, en couche continue. Ceci est conforme au plan général de structure de la plante monocarpique (fig. 1, pl. XLIV).

Mais quelques pieds sont polycarpiques et remontent en donnant sur la tige aérienne des rosettes nouvelles, alternes, et situées à des hauteurs diverses. La coupe de la tige au-dessous de la rosette la plus élevée présente un bois dur uniforme entourant la moelle et correspondant au bois de fructification, et un arc plus ou moins épais et étendu de bois mou à files rayonnantes dans du parenchyme de réserve, correspondant à la phase de rosette. Plus bas, au-dessous de deux ou plusieurs rosettes alternes, le bois de rosette prend la forme d'un anneau complet. De sorte que la tige présente en coupe la disposition inverse de la racine de deux ans, c'est-à-dire que le bois dur est au centre et le bois mou à la périphérie (fig. 2, pl. XLIV). Dans la racine, on trouve trois couches distinctes et successives : le bois de rosette de première année, le bois de fructification et le bois de rosette de la période remontante. Cette structure que j'ai provoquée expérimentalement sur certains pieds permettra de comprendre les structures très curieuses et plus complexes que l'on observe chez les Crucifères polycarpiques, en particulier chez celles qui sont gazonnantes comme beaucoup de plantes alpines.

Le *Lunaria biennis* présente des structures très variables parfois suivant les pieds considérés, leur développement relatif et les conditions écologiques du milieu. Dans cette plante les feuilles alternes sont très nombreuses et la rosette est très développée.

Un pied en fruit m'a donné la curieuse structure suivante, dans l'axe hypocotylé : au centre se trouvait un bois de rosette encore reconnaissable, mais cependant plus lignifié qu'un bois de rosette ordinaire; puis un bois très dur y faisait suite sans présenter de séparation tranchée. La croissance ligneuse semblait

s'être arrêtée brusquement, puis avait repris en donnant une couche épaisse de bois tendre où les paquets ligneux disposés radialement étaient disséminés dans du parenchyme mou de réserve. Enfin une couche de bois dur entourait le tout. L'explication de cette structure si anormale en apparence est simple. Le pied examiné avait à peine poussé la première année, ayant germé dans une allée presque stérile; la deuxième année il n'avait pas pu fleurir, mais s'était durci fortement; transplanté alors en terre de jardin, il avait repris vigueur et avait fleuri et fructifié. La coupe avait enregistré dans ses bois secondaires les variations écologiques du milieu (fig. 3, pl. XXXVII).

Bien différente était la structure d'un autre pied cultivé au jardin botanique de Rennes. La coupe transversale de l'axe hypocotylé présentait au centre un bois primaire très réduit et peu lignifié, entouré d'une couche de bois très dur, à fibres très nombreuses et très épaisses. Cette couche était partagée en deux parties par une assise de bois et de parenchyme non lignifié n'absorbant pas le vert d'iode, et la partie la plus externe, d'abord entièrement fibreuse et vasculaire ne tardait pas à présenter des îlots de parenchyme de plus en plus nombreux disséminés irrégulièrement et isolés d'abord, se réunissant ensuite pour former des îlots plus grands et finalement les paquets ligneux se trouvaient former des îlots dans le parenchyme de plus en plus développé. En somme, cette structure correspond à la première phase de l'exemplaire précédent, mais la plante n'ayant pas autant souffert, ses tissus sont plus développés et ses îlots beaucoup plus nets (fig. 4, pl. XXXVII).

Des structures assez analogues se retrouvent chez un certain nombre de plantes accidentellement plurannuelles qui présentent ainsi des bois mous et des bois durs alternants ou des structures très tourmentées et fort variables suivant les pieds, ceux-ci n'étant presque jamais dans des conditions de milieu identiques : *Plantago coronopus*, *Digitalis purpurea*, etc., qui peuvent présenter des bois alternativement durs et mous, en couches concentriques dont le nombre n'a pas toujours un rapport net avec l'âge (fig. 1, 2 et 3, pl. XI; fig. 1, 2 et 3, pl. XXXIX).

Des types offrant des variations intéressantes dans les bois

de rosette se rencontrent encore dans les Caryophyllées annuelles ou bisannuelles, à bois assez particulier. Ainsi la racine du *Lychnis Githago* (fig. 3, pl. XXX) présente au centre un bois mou entouré d'un bois un peu lignifié. Vient ensuite un bois tendre auquel fait suite le bois de fructification. Les trois premiers bois correspondent à la phase de germination et de rosette, celle-ci ayant subi des variations d'activité et de repos pendant la période d'hiver et de printemps.

Le *Dianthus Armeria* présente des pieds annuels, provenant des bords de la mer. La coupe de la racine est très remarquable par sa complication. Le bois est toujours du bois spécial de Caryophyllée, mais il est formé de vaisseaux lignifiés arrondis disposés en lignes radiales dans du parenchyme également en lignes radiales auquel font suite deux couches de bois dur séparées par une couche de bois en partie lignifié ou moins dur. L'assise subérophellodermique est très développée.

Les pieds bisannuels de ce même *Dianthus* (fig. 3, pl. I) ont une coupe de la racine, avec du bois de rosette auquel fait suite un bois de fructification plus ou moins zôné.

Le *Silene Armeria*, âgé de six mois, est tout aussi compliqué comme structure (fig. 4, pl. XXX). Sa racine présente un bois de rosette typique des Caryophyllées auquel fait suite par transition progressive un anneau de bois dur. Puis l'on observe un anneau de bois tendre qu'entoure du bois dur. En un mot le bois de fructification présente trois zones distinctes, dont la médiane est bien moins lignifiée.

Les plantes de la famille des Malvacées ont une structure très particulière. Dans la racine de *Malva mauritiana* âgée de quatre mois, un bois de rosette occupe le centre et il est entouré par un nombre variable de cercles concentriques de vaisseaux ligneux séparés par des zones de fibres ligneuses et de parenchyme de réserve non épaissi ou faiblement épaissi mais non lignifié. Ces cercles donnent l'illusion de couches concentriques annuelles (fig. 1, pl. XXXI). Une structure analogue se retrouve chez beaucoup de Malvacées annuelles, bisannuelles ou plurannuelles : *Hibiscus Trionum* (fig. 2, pl. XXXI), *Lavatera trimes-*

tris (fig. 4, pl. XXXI), *L. cretica* (fig. 3, pl. XXXI), *Lavatera arborea* (fig. 3, pl. XXXVIII), etc.

L'*Althœa rosea* (fig. 2, pl. XXXVIII), âgé de 4 mois, offre dans sa racine un type de structure assez analogue à celui que j'ai signalé chez certaines Crucifères comme le *Lunaria biennis*. Le bois de rosette est entouré par un bois de ramification formé par des paquets circulaires de vaisseaux entourés plus ou moins de fibres ligneuses, le tout disséminé irrégulièrement dans du parenchyme de réserve mou, formant tantôt des bandes circulaires plus ou moins étendues, tantôt des îlots intercalés entre le bois et les fibres, véritables îlots de parenchyme intraxylaire que nous retrouverons encore chez des Crucifères polycarpiques, avec une régularité plus grande.

Remarquons que le nombre des couches de fibres libériennes n'est pas d'une constance absolue et qu'il n'est pas en rapport avec le nombre des couches concentriques des bois.

Chez des plantes de familles très diverses, l'on voit des structures de la racine avec des couches ligneuses concentriques plus ou moins nombreuses, comme chez le *Nicotiana tabacum* (fig. 2, pl. XXXV), l'*Omphalodes linifolia* (fig. 3, pl. XXXIV), le *Madia sativa* (fig. 4, pl. XXXIII), le *Colomia grandiflora* (fig. 4, pl. XXXIV), le *Reseda luteola* (fig. 1, pl. XXXVI), le *Schizanthus pinnatus* (fig. 3, pl. XXXV), l'*Euphorbia helioscopia* (fig. 4, pl. XXXV), le *Lycopsis arvensis* (fig. 1, pl. XXXIV), le *Borrage officinalis* (fig. 2, pl. XXXIV), le *Scandix Pecten Veneris* (fig. 1, pl. XXXIII), le *Torilis nodosa* (fig. 2, pl. XXXIII), le *Linaria bipartita* (fig. 2, pl. XXXVII), le *Verbascum Lychnitis* (fig. 4, pl. XL), le *Verbascum Blattaria* (fig. 1 et 2, pl. XLI), etc. ; il en est de même dans certaines tiges, comme chez le *Nicotiana tabacum*, l'*Artotis grandis*, le *Senecio vulgaris*, remarquable par la présence dans certaines de ses tiges d'un endoderme à plissements bien caractérisés, rappelant ainsi le *Senecio scandens*, étudié avec les plantes grasses ; dans l'axe hypocotylé du *Mercurialis annua* (fig. 2, pl. XXXVI), du *Datura* (fig. 1, pl. XXXV), etc.

La figure 19, page 79, montre la disposition des bois chez la racine du *Verbascum Lychnitis*, à la phase de rosette.

Une mention particulière doit être faite pour les *Urtica* annuels, *U. pilulifera* et *U. urens*, à bois très spécial bien connu et remarquable par la disposition du tissu ligneux qui présente un nombre variable de couches concentriques de vaisseaux ligneux et de xylaires de parenchyme (fig. 3 et 4, pl. XXXVI).

Je signalerai encore ici le type (*L. tocheri* Schreb., pl. XXXVII) qui possède habituellement dans sa structure normale avec un bois de rosette au centre et un bois de fructification partagé en couches concentriques plus ou moins nettes, étant donnée la disposition circulaire des vaisseaux ligneux formés à ce moment. J'avais observé dans un exemplaire ayant accidentellement fleuri au bout d'un an une structure inverse de la précédente avec bois dur au centre et bois tendre à l'extérieur. La culture en semis serrés m'a révélé la cause de cette anomalie. Divers pieds ont fleuri la première année, et, les ayant éclaircis en enlevant les pieds bisannuels voisins, quelques-uns de ces pieds annuels ont donné une nouvelle rosette et sont ainsi devenus polycarpiques. La phase de rosette ayant été très courte, le bois de la première rosette était à peine distinct du bois de fructification. La partie externe, formée du bois tendre, correspondait au bois de la deuxième rosette, très développée. C'est en somme ce qui s'est passé pour le *Sysimbrium austriacum* que j'ai étudié précédemment.

Ces curieuses variations dans la durée de la vie, dans le mode de développement et dans la structure secondaire d'une même espèce de plante, montrent bien que, pour interpréter sa structure, il est nécessaire d'avoir des données très précises sur l'organe qu'on examine, sur son âge véritable que l'on peut connaître seulement par l'époque du semis et enfin sur les facteurs écologiques qui ont pu influencer son développement. Autrement on s'exposerait à faire des confusions et même de grosses erreurs. Ce contrôle, comme on le verra, est plus nécessaire encore pour les plantes polycarpiques.

2. PLANTES POLYCARPIQUES

Dans ces plantes nous retrouverons, en dehors des carac-

tères spéciaux de certains bois qui permettent de reconnaître presque à coup sûr une Crucifère, une Caryophyllée, une Légumineuse, ou au moins certains groupes de ces familles, toute une série d'adaptations provoquant la formation de structures plus ou moins complexes que l'on s'expliquerait difficilement sans recourir à l'écologie.

Je n'étudierai ici qu'un petit nombre de ces plantes, me bornant à esquisser les grandes lignes, tout en décrivant les cas les plus caractéristiques.

Les plantes herbacées polycarpiques peuvent se diviser en deux groupes : celles dont l'axe est à croissance indéfinie et celles dont l'axe forme un sympode. En outre, comme chez les plantes monocarpiques, il y a des espèces à rosettes, qui sont alors gazonnantes et vivaces par les parties aériennes, comme par les parties souterraines, et il y en a d'autres dont les parties aériennes meurent chaque année, les parties souterraines étant exclusivement chargées de maintenir la vie de l'individu. Tandis que chez les plantes monocarpiques annuelles, bisannuelles ou plurannuelles le pivot persiste le plus souvent dans la grande majorité des cas, les plantes polycarpiques perdent assez souvent ce pivot, quand la tige devient rampante et présente aux nœuds des racines adventives, leur permettant de se passer de la racine primitive, qui a d'ailleurs souvent épuisé le sol où elle était placée. L'âge auquel se détruit le pivot est fort variable suivant les plantes et souvent cet âge est de trois ans. Mais cette destruction peut être ou plus rapide ou plus tardive, de telle sorte qu'il y a tous les passages entre les plantes conservant leur pivot et celles qui le perdent avec le temps. D'ailleurs celles-ci se détruisent dans les parties anciennes au fur et à mesure que se forment des parties nouvelles. Mais cette destruction n'est pas uniforme comme étendue et comme durée chez tous les exemplaires d'une même espèce.

Pour reconnaître l'âge d'un organe persistant d'une plante herbacée polycarpique, on compte les arrêts de végétation annuels qui sont souvent assez nets et les traces ou les chicots laissés par la chute de l'appareil aérien annuel. Ce procédé est d'un emploi beaucoup plus délicat que pour les arbres, et tout

en m'en servant, j'ai largement usé des semis faits à des dates déterminées, qui me donnaient ainsi la certitude absolue que la plante étudiée avait l'âge que je lui attribuais. De même pour les plantations des végétaux se multipliant par éclats. ,

Le mode de floraison, suivant que les inflorescences sont solitaires ou groupées, a son intérêt dans les questions que j'envisagerai ici : une fleur solitaire, terminale ou latérale, est en général faible par rapport au reste de la plante et exerce un appel de sève très réduit comparativement aux inflorescences groupées qui, pesant beaucoup plus, exigent un stéréome plus développé. Les tiges aériennes donnent également un stéréome plus prononcé que les plantes gazonnantes, avec ou sans rosette, et cela pour une raison analogue.

Au moment de la floraison de la plupart des plantes vivaces, on trouve non seulement tout l'appareil aérien complètement développé, mais aussi, dans l'appareil souterrain, des pousses de remplacement qui ont, au moment de la chute des graines, acquis presque en entier leur développement et sont prêtes à donner de nouvelles tiges aériennes, quand la période normale de repos aura pris fin. C'est ainsi qu'une période de repos, variable comme époque et durée, sépare l'évolution de ces plantes, pendant qu'à la période de vie active, la fonction de fructification et la fonction de multiplication végétative s'effectuent simultanément, au moins pendant un certain temps.

Ceci posé, il sera plus facile de comprendre les structures de certaines racines ou tiges, à bois simples ou tourmentés, c'est-à-dire d'apparence plus ou moins anormale.

On peut diviser ces structures en deux catégories, d'importance très inégale :

- 1° Celles qui ne comprennent que des tissus primaires ;
- 2° Celles où l'on trouve des tissus secondaires plus ou moins développés.

Les Dicotylédones terrestres dont la racine ou la tige conservent indéfiniment la structure primaire sont assez rares et bien connues. Je les laisserai ici de côté, parce qu'elles ne rentrent pas dans le cadre que je me suis tracé. J'ai cependant vérifié les observations antérieures chez les *Adoxa*, diverses Renonculacées

et Berbéridées, etc. Ainsi que je le signalerai plus loin chez les *Magnolia*, on peut trouver chez des parties d'arbres une structure analogue à celle des Monocotylédones, tout comme on en rencontre chez quelques Dicotylédones herbacées restant à la structure primaire. Il est possible qu'en étendant le champ des recherches sur ce point, on observe de nouveaux cas de ce genre. Mais ce seront toujours de rares exceptions. En effet, chez les Dicotylédones terrestres, l'immense majorité des espèces possède des tissus secondaires.

On peut classer les structures à tissus ligneux secondaires en deux catégories d'importance inégale :

1° Les structures simples, où les tissus secondaires sont peu développés et sensiblement uniformes, sans couches concentriques ;

2° Les structures complexes, où ces tissus sont très différenciés et se partagent en couches concentriques plus ou moins nettes et plus ou moins nombreuses.

Ces deux catégories présentent naturellement entre elles de nombreux types de transition.

A) Structures simples

Le type le plus simple est celui de l'*Anemone nemorosa*, où les bois secondaires n'existent que chez les exemplaires très âgés et venus dans des conditions spéciales de bonne nutrition. Je puis donc, sur ce point contesté, confirmer les observations de Costantin (61) et de Bonnier (62).

Cette plante présente une particularité très importante que je signalerai chez d'autres espèces mises alternativement à l'ombre et au soleil par l'exploitation des bois et la taille des haies : les pieds placés dans des parties trop ombrées portent une ou deux feuilles et restent pour ainsi dire à l'état de vie latente jusqu'à ce que l'abattage des bois les remplace à une vive lumière. Ils poussent alors vigoureusement. Toutefois les pousses de remplacement des souches ligneuses les ombrent bientôt à nouveau ; leur croissance diminue progressivement et finit par s'arrêter tout à fait.

On conçoit dès lors que, suivant que l'on examine des pieds placés à la lumière ou ceux venant des sous-bois, la quantité relative des bois secondaires sera différente et que l'on pourra rencontrer seulement dans le rhizome une structure primaire ou bien des débuts de bois secondaires plus ou moins étendus et caractérisés.

Un autre type simple est celui dans lequel les bois secondaires sont uniformes, très réduits et se superposent au bois primaire sans donner un anneau complet. Cette structure se trouve chez les plantes rampantes, gazonnantes ou chez les rhizomes des plantes de faible taille et chez quelques racines. Telles sont les tiges, âgées de plusieurs années, de *Saxifraga umbrosa*, par exemple. La nourriture, accumulée par les fortes rosettes, ne descend pas en quantité suffisante dans les tiges, quel que soit leur âge, pour y former des bois secondaires étendus. La phase de fructification est à peine marquée, vu le faible poids des hampes florales qui reposent solidement sur la rosette puissante. C'est une structure voisine de celle de l'*Hydrocotyle vulgaris*, déjà indiquée aux plantes palustres, et cela est naturel, car cette dernière plante est elle-même rampante. Le rhizome âgé de l'*Asarum europæum* est d'un type analogue, mais de taille beaucoup plus considérable.

Une structure assez voisine, avec tendance à la formation de couches distinctes existe chez les rhizomes de l'*Ægopodium podagraria* (fig. 1, pl. XIX), de *Valeriana officinalis* (*) et de *V. Phu* (fig. 2, pl. XIX), de *Podophyllum peltatum*, de *Thalictrum minus*, etc.

Le rhizome épigé de l'*Oxalis acetosella* offre la curieuse particularité de présenter en coupe transversale, une symétrie bilatérale, à la façon d'un pétiole (fig. 18) ; et cela existe aussi bien dans les parties âgées que dans les parties jeunes.

Un autre type simple, c'est celui du rhizome de *Sonchus*

(*) Sauf chez les rhizomes très exceptionnellement âgés, fort rares d'ailleurs, qui présentent un anneau ligneux complet, avec tendance à la séparation en deux couches concentriques.

arvensis (fig. 2, pl. V) et de nombreuses racines de plantes à rosette où le bois est divisé en compartiments rayonnants séparés par des bandes de parenchyme. Ces rayons ligneux peuvent être

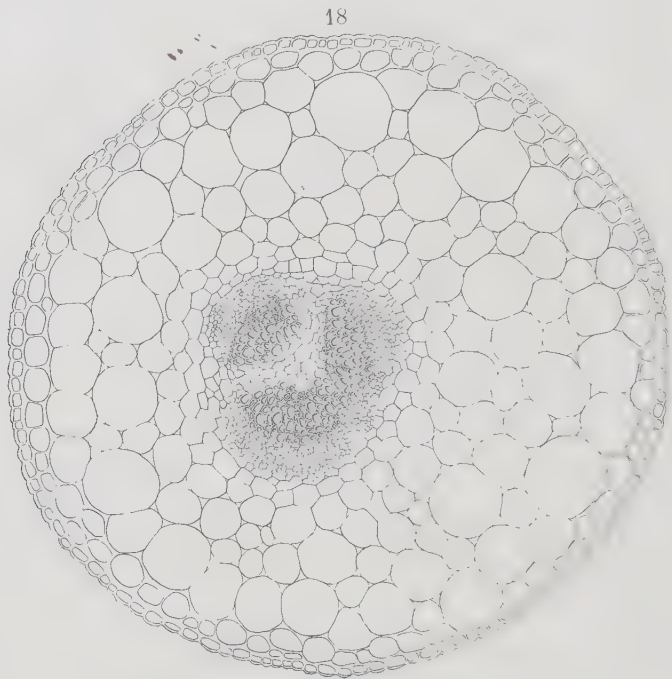


Fig. 18. — *Oxalis acetosella*. Coupe du rhizome.

simples ou ramifiés en V plus ou moins régulier, particulièrement chez les Ombellifères, les Composées, etc.

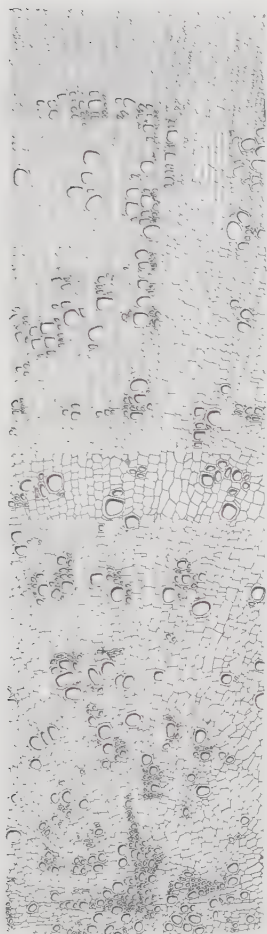
Les rhizomes de *Cirsium arvense*, de *Convolvulus arvensis* (fig. 3 et 4, pl. IV) (*) et de *C. Soldanella* (fig. 1, pl. IV) ont tantôt des faisceaux ligneux séparés, tantôt groupés en un cylindre plus ou moins complet. Ils établissent ainsi, suivant

(*) La racine âgée de *Convolvulus arvensis* montre la structure classique de la racine au stade secondaire, avec cinq faisceaux primaires très distincts. C'est un excellent type pour les manipulations d'élèves, et à ce titre je crois devoir le signaler ici,

leur âge, le passage entre le type à faisceaux ligneux distincts et le type à bois en anneau complet.

On trouve un anneau ligneux complet dans le rhizome du

19



20

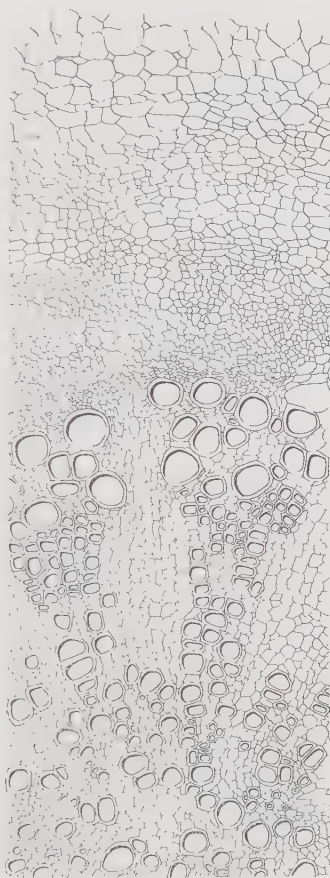


Fig. 19. — *Verbascum Lychnitis*. Bois de rosette et bois primaire.

Fig. 20. — *Gentiana acaulis*. Racine âgée de 3 ans.

Physalis Alkekengi, à symétrie cruciale (fig. 4, pl. XIX), dans ceux de *Rubia tinctoria*, de *Lathræa Clandestina*, d'*Halianthus*

peploïdes (fig. 7), de *Primula officinalis*, de *Primula grandiflora*, d'*Helleborus viridis*, de *Gentiana acaulis* (fig. 20), etc., sans traces de couches concentriques, les bois étant sensiblement uniformes. Certaines racines ont aussi un anneau ligneux uniforme, quoique âgées de deux ans ou plus, comme chez le *Glechoma hederacea*, etc.

Une mention spéciale doit être faite pour le *Mercurialis perennis*, le Pissenlit et divers *Eryngium*.

Le *Mercurialis perennis* est une plante polycarpique à rhizome horizontal longuement drageonnant et très rameux. A chaque nœud se trouvent des racines adventives, et, sur les parties âgées de plus d'un an, des chicots formés par les bases persistantes des tiges de chaque année. Il s'établit ainsi autour du pied primitif de nombreuses touffes reliées au pied mère et reliées entre elles, mais dont les rhizomes d'union sont à l'état de vie plus ou moins ralentie et ne reçoivent que la ration d'entretien.

La coupe transversale des parties âgées de 2 ou 3 ans montre un anneau complet de bois secondaires uniformes et sensiblement de même épaisseur partout. Il n'y a pas de distinction possible entre le bois de printemps et le bois d'automne, et ce fait est d'autant plus intéressant que les bois secondaires du *Mercurialis annua* présentent des couches concentriques, bien que cette espèce soit annuelle (fig. 2, pl. XXXVI).

Si, d'une façon générale, on peut dire avec Prax et Gaucher (63) que les caractères internes des divers genres d'Euphorbiacées coïncident assez bien avec ceux qui ont servi à établir les tribus d'après la morphologie externe, il n'en est pas ainsi pour les deux espèces que j'envisage ici.

Chez le Pissenlit (fig. 21), la racine présente un bois secondaire très développé, mais peu lignifié et sans couches concentriques. La réduction du stéréome provient, d'une part, de l'adaptation à la fonction de réserve, et, d'autre part, de la réduction de l'appareil aérien non ramifié qui porte un capitule de poids minime. On conçoit dès lors qu'il n'y ait pas de bois de ramification puisque celle-ci n'existe pas, ni bois de fructification marqué, l'inflorescence et son support n'étant pas feuillés.

L'*Eryngium maritimum* que j'ai étudié provenait des bords de la grève d'Erquy (Côtes-du-Nord). Il poussait dans un sable



Fig. 21. — Pied de Pissenlit, en fleurs, âgé de plusieurs années. A B, niveau de la coupe de la racine.

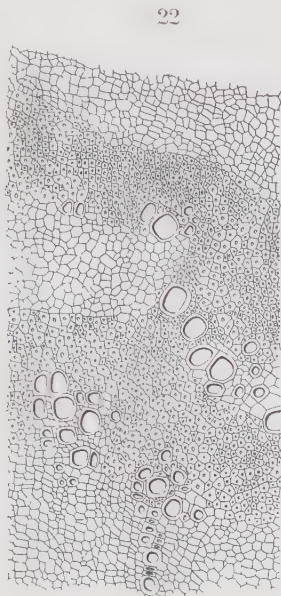


Fig. 22. — Portion de la coupe d'une tige d'*Alyssum saxatile* avec ses bandes de fibres spéciales irrégulièrement disposées.

remué par les vagues aux grandes marées ou accumulé par les vents du large. J'ai pu facilement me procurer un rhizome de sept ans, dont l'âge minimum était marqué nettement par sept chicots bien visibles. La coupe de ce rhizome (fig. 3, pl. V) présentait des bois rayonnants, se divisant en V, et partagés par des rayons médullaires, comme dans les autres Ombellifères ; mais cependant ces bois avaient un aspect spécial. Les libers étaient très développés ainsi que le périderme. Cette coupe offre de l'analogie avec celle de certaines plantes grasses, et cette convergence s'explique facilement par une adaptation de même ordre vis-à-vis la sécheresse, puisque l'*Eryngium maritimum* est une plante halophyte.

La structure de l'*Eryngium campestre* est un peu différente. Le pied dont j'ai figuré la coupe provenait également d'Erquy, et était âgé de plus de quarante ans. J'ai pu déterminer approximativement son âge par les commémoratifs suivants. Il poussait sur les bords d'un chemin creusé profondément il y a quarante ans pour établir le passage plus facile entre la grève du bourg et la grève de Caroual. Et il avait été partiellement coupé dans le sens longitudinal par la pioche des ouvriers ; il avait survécu à la blessure et donné des pousses latérales de remplacement vigoureuses.

La coupe de la racine (fig. 4, pl. V), montre un bois plus serré que dans l'*Eryngium maritimum*, où l'on ne distingue pas de couches concentriques. Le liber très développé, ainsi que le périderme, ont été enlevés sur la racine, dont les dimensions auraient sans cela dépassé la largeur de la lame de verre de la préparation microscopique.

En résumé, si l'on compare certaines de ces coupes de plantes herbacées polycarpiques à bois secondaires sensiblement uniformes aux coupes des racines de diverses plantes monocarpiques comme la Pensée (fig. 1, pl. I), la *Valerianella olitoria* (fig. 2, pl. I), la Laitue (fig. 4, pl. I), le *Daucus Carota* (fig. 3, pl. II), on est immédiatement frappé par les ressemblances qui existent entre ces deux catégories de plantes. L'on pourrait dire qu'il y a des plantes polycarpiques dont la structure secondaire est presque exclusivement formée par des bois de rosette successifs. Ceux-ci restent indistincts, les formations ligneuses dures du bois de ramification et de fructification ne se différenciant pas, soit parce que les appareils végétatifs aériens et reproducteurs sont très réduits (Pissenlit), soit parce que l'adaptation à la sécheresse et au milieu marin l'emporte sur la fonction ligneuse de soutien (*Eryngium*) ; soit enfin parce que l'état rampant rend inutile l'appareil de soutien (*Convolvulus* et plantes diverses à rhizomes ou à tiges épigées rampantes comme l'*Oxalis acetosella*).

Les bois restent indéfiniment mous, et l'on n'y remarque aucun duramen, interne ou externe.

Je n'insisterai pas plus longuement sur ces structures simples

montrant que l'âge, dans les plantes qui les possèdent, ne peut être indiqué par le nombre des couches concentriques puisque celles-ci n'existent pas. Je me bornerai à faire remarquer que ce type se rencontre chez des espèces de Dicotylédones terrestres appartenant à des familles fort éloignées et qu'il correspond ainsi à des phénomènes de convergence anatomique intéressants.

B) Structures complexes.

Les structures complexes sont beaucoup plus nombreuses que les précédentes et l'on peut les diviser de la façon suivante :

1° Celles des tiges aériennes, rampantes, gazonnantes avec ou sans rosette, buissonnantes, débiles et ayant plus ou moins besoin de support, dressées et plus ou moins allongées, se soutenant par elles-mêmes ;

2° Celles des parties souterraines, rhizomes ou racines.

J'examinerai ici de nombreuses espèces choisies au hasard dans des familles plus ou moins éloignées : Crucifères, Caryophyllées, Rosacées, Légumineuses, Composées, Scrofulariées, etc.

J'ai déjà indiqué dans les pages précédentes combien la structure des Crucifères monocarpiques est variable et que les bois secondaires d'un certain nombre de plantes de cette famille sont caractérisés par des paquets ligneux disséminés en îlots de parenchyme inclus dans des fibres épaisses entourant les groupes de vaisseaux. Nous retrouverons dans les Crucifères herbacées polycarpiques gazonnantes ou buissonnantes des structures analogues, mais plus complexes encore, auxquelles on pouvait s'attendre, connaissant la présence de liber intraxylaire chez le *Cochlearia Armoracia*.

J'ai étudié une espèce de *Draba*, désignée au Jardin des Plantes de Rennes sous le nom de *Draba gigas*, et qui forme un gazon ne fleurissant jamais. Le bois est uniforme, à vaisseaux arrondis disséminés dans du parenchyme et ayant l'aspect d'un bois de Stellaire (Caryophyllées).

Au voisinage des *Draba* se trouve l'*Aubrietia purpurea* également gazonnant mais fleurissant abondamment sous le

climat rennais. J'ai étudié cette plante dans toutes les tiges, âgées de un à huit ans, et dans une racine adventive vieille, mais d'âge impossible à déterminer. La structure de cette plante est très compliquée (fig. 1, pl. XXI).

La portion de la tige âgée de huit ans présente au centre une moelle non lignifiée, entourée d'un bois uniforme comme chez le *Draba* et à aspect de bois de Caryophyllée. Vient ensuite un bois moins lignifié puis du bois plus dur entouré de fibres dures très lignifiées, à lumen très étroit, dont l'aspect est spécial aux Crucifères. Quatre couches de fibres d'un côté et trois de l'autre sont séparées ainsi par du bois mou, à vaisseaux arrondis. Cette structure s'explique par la formation alternante de bois de rosette et de bois correspondant à la fructification. Il y a en somme quatre anneaux de bois mous et trois ou quatre anneaux de bois avec fibres très dures.

On aurait pu croire que la tige examinée avait en réalité 4 à 5 ans au plus. Or l'examen des parties de tiges moins âgées montre bien qu'il ne faut pas se fier à ces couches concentriques pour juger de l'âge.

La coupe de la tige âgée de 7 ans, directement superposée à la précédente, présente bien trois couches de bois tendre ou bois de rosette avec deux ou trois couches fibreuses, moins lignifiées que dans la partie âgée de huit ans. Mais la coupe de la partie âgée de 6 ans possède deux couches de bois plus dur séparées par une couche de vaisseaux moins lignifiés et plus petits. Les fibres existent en petit nombre dans la couche voisine du centre exclusivement.

Dans la coupe âgée de 5 ans, les deux couches de bois dur, séparées par du bois de rosette, ont des fibres très épaissies et nombreuses, plus lignifiées que dans les coupes de tiges âgées de 6 et 7 ans, mais moins abondantes que dans la tige de 8 ans.

La coupe de la tige de 4 ans est analogue à celle de 6 ans. Celle de la tige de 3 ans a encore deux bois à plus larges vaisseaux séparés par un bois moins lignifié et à vaisseaux plus étroits. Mais les tiges de 2 ans et d'un an ont un bois uniforme, ne différant guère que par l'épaisseur plus grande de l'anneau chez la tige de deux ans.

Il faut signaler dans toute ces coupes le grand développement du périoderme et l'activité du phellogène.

La racine que j'ai étudiée avait cinq zones disposées à la façon des tiges âgées avec larges vaisseaux ronds, fibres épaisses en nombre variable et séparation de bois tendre à vaisseaux plus étroits, comme des bois d'ombre et de soleil alternants. En outre, elle possédait un liège très développé.

Dans ces tiges, il faut tenir compte de ce fait que les positions de tige étudiées sont inégalement éclairées et rentrent plus ou moins dans la catégorie des plantes d'ombre, à entrenœuds plus ou moins allongés et à croissance faible en diamètre, à tiges moins épaisses à la base, comme diverses Caryophyllées et Rubiacées qui seront décrites plus loin (*Stellaria graminea*, et *Galium Cruciatum*). En outre, l'inégalité du nombre des couches ligneuses dans les tiges âgées tient à ce que les branches ne sont pas en nombre égal sur toutes les faces et n'ont pas la même vigueur; de plus elles peuvent naître accidentellement sur une tige âgée par la mise à l'air libre de cette partie, quand les parties supérieures viennent à être supprimées pour une cause quelconque, naturelle ou artificielle.

D'autres Crucifères voisines sont les *Arabis alpina*, *Alyssum saxatile* et *Vesicularia utriculata*, qui sont aussi des plantes alpines ou des régions montagneuses. Leur port est gazonnant ou buissonnant et leur végétation plus ou moins dense.

L'*Arabis alpina*, dans la racine âgée de 4 ans présente au centre de la coupe un bois de rosette très net, entouré d'un bois dur à larges vaisseaux avec fibres bien lignifiées, entremêlées de parenchyme ne prenant pas le vert d'iode. Autour de cet anneau de bois dur se trouvent, en nombre variable, d'autres couches concentriques peu distinctes à vaisseaux tantôt étroits, tantôt moyens et bien moins lignifiés et moins grands que dans la couche dure voisine de la rosette. Les fibres y sont plus rares et le parenchyme plus abondant. Le liège est assez développé, mais s'exfolie facilement. Le bois primaire diarque est fortement lignifié.

La tige de 3 ans présente une large moelle. Vient ensuite un premier anneau étroit, lignifié fortement avec fibres; puis du

bois mou de rosette à vaisseaux moyens, sans fibres ; du bois à gros vaisseaux et à fibres très dures y fait suite, puis viennent comme dans la racine des bois de rosette mal partagés en couches concentriques, sans fibres, et formés de parenchyme avec de nombreux vaisseaux moyens ou étroits. Le liège est très développé et situé profondément.

Dans la tige de deux ans, les faisceaux ligneux sont séparés et ne comprennent pas de bois fibreux. Ils sont partagés en trois couches concentriques peu distinctes et offrent de l'analogie avec les bois du *Draba gigas* et de diverses Caryophyllées, etc. Le liège, d'origine profonde est très développé.

Beaucoup plus complexes sont les bois de l'*Alyssum saxatile* et du *Vesicularia utriculata*.

Une tige de 6 ans de l'*Alyssum saxatile*, provenant d'un pied cultivé depuis 30 ans au même point, au Jardin des Plantes de Rennes, possédait la très curieuse structure suivante : Au centre, la moelle, moyennement développée, était entourée par des paquets de vaisseaux disséminés dans un parenchyme fondamental à éléments serrés et formant des cercles plus ou moins concentriques. Ces vaisseaux étaient entourés de fibres très lignifiées et très dures, à lumen très étroit, formant des bandes circulaires, irrégulières, plus ou moins interrompues, surtout dans les parties ligneuses les plus externes (fig. 22). Il y avait de la sorte tantôt des îlots de vaisseaux et de fibres ou simplement de fibres disséminées dans le parenchyme ou bien des îlots de parenchyme disséminés dans les tissus durs (vaisseaux et fibres). Le liber était assez développé avec deux sortes de cellules, les unes formant îlots et plus épaisses mais non lignifiées, et à disposition plus ou moins stratifiée. Dans la partie la plus externe, ces îlots stratifiés étaient transformés en fibres très dures. Venait ensuite un liège épais d'origine externe (fig. 2, pl. XX).

La coupe de la tige de 4 ans ne différait de la précédente que par le nombre et l'épaisseur des couches fibrovasculaires et par la largeur des parties parenchymateuses.

Mais les coupes de 3 ans étaient beaucoup moins lignifiées. La moelle très développée contenait quelques sclérites ; des fibres dures formaient un arc interne en face des faisceaux ligneux et

entouraient le bois primaire. Les bois secondaires étaient formés de vaisseaux arrondis enserrés presque de tous côtés par des fibres ligneuses très épaisses formant un anneau presque continu et très épais. Puis venaient des parenchymes avec quelques paquets de vaisseaux avec fibres. Le liber et les fibres libériennes étaient semblables aux précédents, mais avec deux couches d'îlots fibreux seulement (fig. 3, pl. XX).

Une structure très voisine s'observait dans la tige âgée de deux ans, mais avec un seul rang de fibres libériennes. Le phellogène était situé dans la région moyenne de l'écorce.

Dans la tige de l'année, les fibres ligneuses sont beaucoup moins développées; les faisceaux ligneux isolés ne sont pas réunis par un anneau fibreux, mais il y a des îlots de fibres au voisinage du bois primaire et çà et là dans le bois secondaire. Les fibres libériennes manquent mais on trouve des fibres péri-cycliques. Chose bizarre, le liège est d'origine sous-épidermique, contrairement à ce qui se voit dans la coupe précédente où le phellogène prend naissance dans les couches moyennes de l'écorce.

Le *Vesicularia utriculata* que j'ai à décrire ici était un pied remontant, dont les tiges, desséchées plus ou moins au sommet à la suite de la fructification, avaient donné de nombreuses rosettes, à la façon du *Sysimbrium austriacum* précédemment décrit. La structure en était des plus curieuses et variable suivant la distance de la coupe aux rosettes.

Dans la tige âgée de 4 ans au moins, située non loin d'une bifurcation portant à son voisinage de nombreuses rosettes, ayant poussé à la base de rameaux fructifères desséchés à la pointe, on trouve la structure suivante : Au centre la moelle entourée par une couche dure, formée de paquets vasculaires, de fibres ligneuses très développées avec îlots de parenchyme comme dans l'*Alyssum* précédent. Cette couche est entourée par un anneau de bois mou formé surtout de parenchyme dans lequel on trouve les vaisseaux ligneux en paquets isolés ou quelquefois en partie enveloppés par des fibres. Vient ensuite une couche concentrique épaisse, entièrement lignifiée où les vaisseaux, en séries circulaires, sont en couches séparées par des

fibres. Seule, la partie la plus extérieure de ce bois est encore en partie à l'état de parenchyme mou. Un seul rang d'îlots fibreux libériens se trouve au voisinage du liège, très développé.

Dans la région de la tige âgée de trois ans, où les rosettes sont peu nombreuses et très éloignées, la coupe présente un bois dur dans toute son étendue, ce qui prouve, une fois de plus, que la sève élaborée par la rosette ne s'étend pas sur toute la longueur d'une tige, mais seulement dans les régions les plus proches (fig. 1, pl. LV).

Et cela est si vrai que si l'on coupe la même tige dans la partie âgée de deux ans, non loin de deux rosettes voisines, on trouve deux couches concentriques, l'une d'elles formée par deux arcs de bois correspondant aux deux rosettes. En coupant au sommet de la tige près d'une seule rosette, un arc ligneux correspondant se retrouve aussi, et si la rosette est faible, il est constitué par des faisceaux ligneux isolés entre lesquels s'intercale un parenchyme formant de larges travées radiales.

Ces bois en arc sont caractéristiques de la formation du sympode, que ce soit une rosette ou une pousse ligneuse allongée qui sort du bourgeon réparateur (fig. 2 et 3, pl. LV).

Dans certaines Crucifères où les couches concentriques sont variables et souvent peu distinctes, la dorsiventralité ou la symétrie cruciale permettent seules de reconnaître la structure correspondant à la rosette des tiges remontantes, par exemple dans le *Brassica Cheiranthus*, quand celui-ci devient polycarpique.

Des faits analogues, c'est-à-dire des alternances de bois de rosette et de bois de ramification et fructification, se retrouvent, ainsi qu'il a été dit précédemment, chez des plantes de diverses familles, quand il y a formation anormale de rosettes qui continuent ensuite la végétation et fleurissent l'année suivante, par exemple chez le *Dianthus Carthusianorum*, les pieds de *Plantago coronopus* vivaces, etc. Cela montre bien qu'il s'agit là de phénomènes de *convergence anatomique*, venant corroborer les phénomènes bien connus de convergence morphologique externe qu'a fait connaître la géographie botanique moderne.

Les phénomènes de convergence anatomique que je viens

d'indiquer chez les plantes remontantes appartenant aux Crucifères et chez les plantes à rosette se retrouvent chez diverses familles, quand leurs espèces présentent des adaptations ou des rythmes de végétation analogues.

Ainsi des plantes nettement rampantes comme le *Phlox subulata*, le *Lippia repens*, le *Gypsophila repens*, le *Frankenia laevis*, etc., sont très instructives à cet égard. Il en est de même pour des plantes d'ombre ou de soleil à tiges plus ou moins étalées ou débiles ou buissonnantes (*Crithmum*, *Chelone*, *Pachysandra*, etc.)

Le *Phlox subulata* est une espèce naine et rampante. Les échantillons qui m'ont servi pour cette étude sont cultivés depuis longtemps au Jardin des Plantes de Rennes où cette espèce donne des pousses assez chétives et languissantes.

La tige présente des racines adventives nombreuses en certains points de telle sorte que les deux régions de même âge situées au-dessous de ces racines et au-dessus diffèrent souvent par leur grosseur, les plus anciennes étant les moins épaisses comme dans l'*Obione* (fig. 2).

Examinons une portion de tige rampante, âgée de 8 ans sur laquelle existait une dérivation mixte, établie de la même façon que chez l'*Obione portulacoides* précédemment décrit. Faisons passer une coupe par la partie étroite A B, au-dessous des racines adventives et une autre coupe C D dans la partie la plus grosse située au-dessus de celle-ci.

La coupe de la partie A B (fig. 4, pl. XI) présente une moelle assez développée, à cellules centrales plus grandes et à cellules plus étroites à la périphérie, au voisinage des bois primaires. Ceux-ci sont écrasés et peu distincts, étant comprimés par les formations secondaires dures et serrées. Vient ensuite un anneau de bois dur à fibres très épaisses et très lignifiées, prenant fortement le vert d'iode et présentant un petit nombre de vaisseaux. C'est un véritable duramen. Au-dessus se trouve une couche de bois formée de vaisseaux plus nombreux et plus grands, se terminant par des éléments plus serrés et lignifiés à la façon du bois d'automne. A partir de cette couche, on rencontre des anneaux circulaires irréguliers de bois à larges vais-

seaux séparés par des parenchymes, mais ces couches successives sont mal délimitées en général et présentent de grandes irrégularités de lignification, comme en témoigne l'inégalité de l'action des réactifs colorants. Il est impossible d'établir une relation nette entre l'âge de l'organe et le nombre de ces couches concentriques.

Le liber, assez épais, est entouré par un périderme bien développé qui subit de nombreuses exfoliations.

A la partie supérieure C D (fig. 3, pl. XI), au-dessus de la dérivation la coupe est plus épaisse dans toutes ses parties et la moelle a tendance à se résorber en son centre. La couche de duramen est plus large et plus dure dans la région ventrale ; la dorsiventralité est plus accusée que dans la région A B. Les couches concentriques qui suivent sont nombreuses ; les vaisseaux y sont disposés en bandes circulaires, dans lesquelles on ne saurait voir de vraies couches annuelles, car le nombre de celles-ci est supérieur à celui de la coupe A B, pourtant de même âge ou légèrement plus ancienne. La dorsiventralité, due à la disposition rampante de la tige, est parfois telle que certaines couches sont en arc et manquent complètement du côté ventral. Le liber et le liège sont plus épais dans la coupe au niveau C D que dans la coupe au niveau A B ; mais ces tissus, à part leur étendue, ne présentent pas de différences essentielles dans les deux coupes.

Dans la région de la tige âgée de 7 ans, la couche de duramen est à symétrie cruciale, très nette et uniforme. Cette partie, à ce moment, était dressée verticalement ; de là, l'absence de dorsiventralité nette. Les feuilles étant opposées, et chaque paire étant en alternance, avec fonctionnement sensiblement égal, on comprend que la coupe de la tige soit symétrique par rapport à plusieurs plans, comme cela se passe pour certaines plantes dont les feuilles présentent la disposition cruciale alternante (Labiées, Scrofulariées, etc.).

Les couches concentriques sont assez nettes au début et finissent par se confondre plus ou moins. Leurs bois sont irrégulièrement lignifiés et se colorent à des degrés divers par les réactifs, ce qui correspond aux variations de la nutrition sous

l'influence des modifications climatologiques ou de l'intermittence des arrosages. Le périderme est très développé. Sur la coupe, on voit des phellogènes successifs se former dans des régions de plus en plus profondes.

La même structure, avec réduction de la couche de duramen formée la première année de pousse, se retrouve dans les parties âgées de 6, 5, 4, 3 et 2 ans qui, en coupe, ne diffèrent que par l'épaisseur de plus en plus faible des couches entourant le duramen, par l'épaisseur relative des tissus et par l'intensité de l'exfoliation.

Quant à la racine, sa structure secondaire est assez analogue à celle de la tige, mais on la distingue à ses bois primaires moins comprimés, toujours visibles.

En somme, chez cette curieuse plante rampante, à tiges aériennes peu développées, il y a un anneau de bois dur qui se retrouve à tous les niveaux et qui correspond aux conditions de vie spéciales de la première année de végétation. Il est entouré par un nombre variable de couches concentriques plus ou moins distinctes, à tissus plus ou moins lignifiés, à parties dures et à parties tendres, irrégulièrement disposées. Le nombre des couches semble progresser un certain temps avec l'âge, puis il reste stationnaire. A partir de ce moment, l'épaississement de la tige cesse, et il n'y a plus emboîtement des cônes. Les tiges sont donc plus ou moins cylindriques. On remarque aussi que, suivant les niveaux, elles sont plus ou moins épaisses et de forme irrégulière. Cela est la conséquence de l'établissement de courants dérivatifs tigellaires, radiculaires ou mixtes qui prennent naissance isolément ou simultanément en des points variables. Ces formations adventives provoquent dans certaines parties de la tige des passages à l'état de vie ralentie et dans d'autres parties une accentuation de la végétation ou un retour à la vie active. Aux variations de l'activité de croissance correspondent dans les tissus secondaires des formations spéciales qui s'ajoutent, pour les accentuer ou les modifier, aux formations dues au milieu et aux facilités relatives de la circulation de l'aliment.

De pareils phénomènes existent, ainsi qu'on va le voir, chez un grand nombre de plantes qui présentent des alternances

annuelles de vie dressée et de vie rampante avec courants dérivatifs.

Mais l'état alternativement dressé et rampant peut à lui seul provoquer des structures secondaires différentes. Ainsi chez le *Lippia repens*, cultivé depuis de longues années au Jardin des Plantes de Rennes, la coupe de la tige (fig. 1, pl. XII) offre une grande analogie avec celle du *Phlox subulata* quant à la disposition des bois et des couches concentriques. La convergence se remarque même dans la nature et l'ampleur du péri-derme.

Dans le *Gypsophila repens*, la structure anatomique se fait remarquer par ses curieuses variations suivant l'âge. La tige

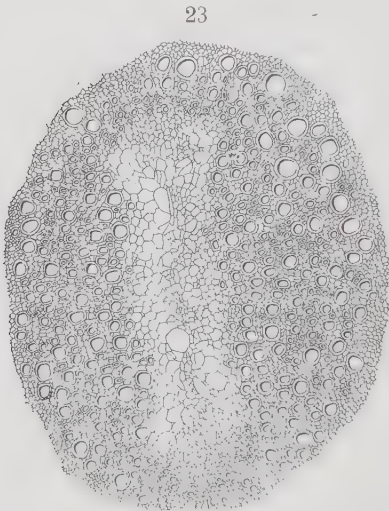


Fig. 23. — *Stellaria graminea*. Coupe de la tige âgée de 3 ans : le bois et la moelle sont seuls représentés. Au centre on voit du parenchyme de compression.

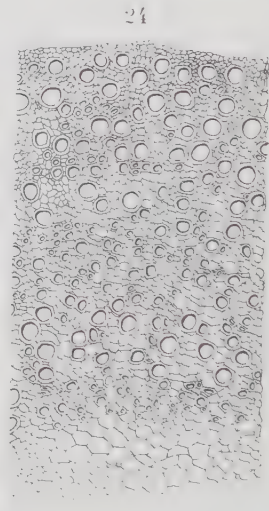


Fig. 24. — Portion du bois de la coupe d'une tige de *Stellaria graminea* âgée de 3 ans, à une échelle plus grande que dans la figure 23.

âgée d'un an possède un bois normal de Caryophyllée. Plus tard, des couches concentriques assez peu distinctes ont tendance à se former (fig. 1, pl. XI) ; un bois plus dur apparaît au voisinage de la moelle ; les bois des couches extérieures sont

séparés par des rayons médullaires de largeur variable qui

25



Fig. 25. — *Stellaria graminea*. Coupe de la tige rampante âgée de 2 ans. Elle est très mince par rapport aux parties âgées de 3 ans et de 1 an.

26



Fig. 26. — Coupe d'une autre tige de *Stellaria graminea* âgée de 2 ans, avec son bois très réduit.

n'existaient pas dans la couche précédente. La tige plus âgée

27

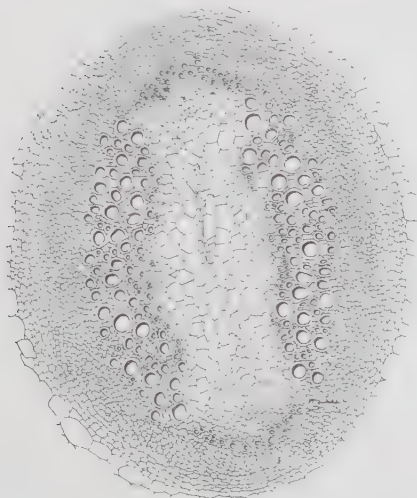


Fig. 27. — Coupe de la base d'une tige feuillée de *Stellaria graminea* au moment où elle commence à grossir.

28

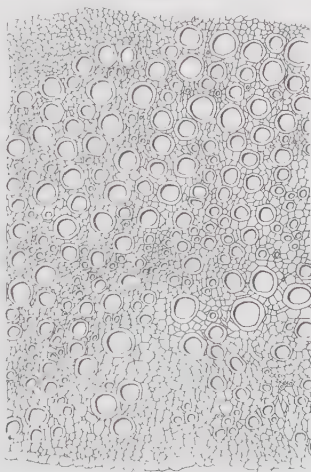


Fig. 28. — *Stellaria graminea*. Coupe d'une racine âgée de 3 ans. Le bois seul est représenté.

encore présente des couches concentriques plus nettes, et le bois

de Caryophyllée prend un aspect particulier. Le périclerme est très accusé (fig. 2, pl. XI).

Une autre disposition, où les couches concentriques deviennent moins nettes encore, est celle de quelques plantes à tiges

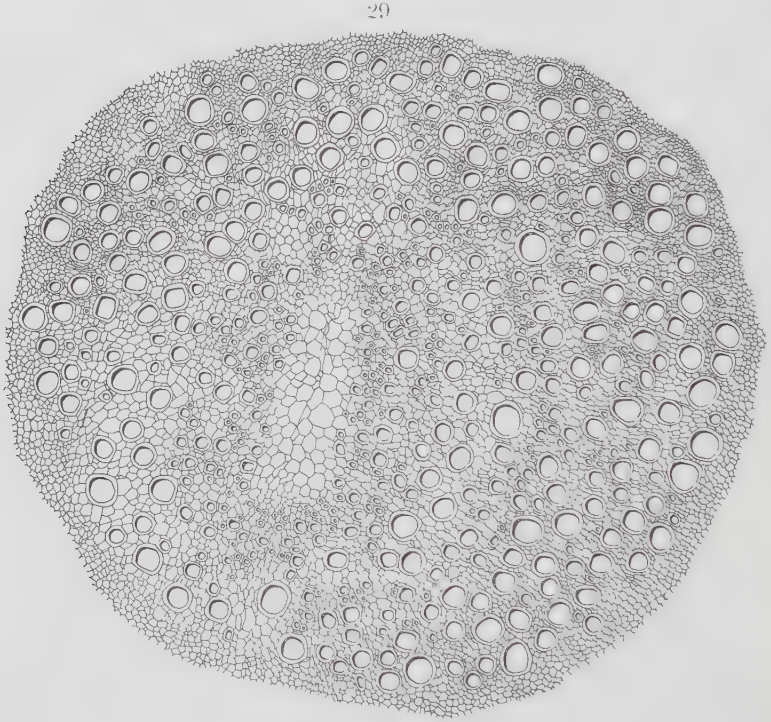


Fig. 29. — *Stellaria graminea*. Coupe de la tige d'un an, dans sa partie la plus épaisse.

débiles poussant en général dans les haies et lieux ombragés et se soutenant à l'aide des objets voisins, comme le *Stellaria graminea* et le *Galium cruciata*. Les parties inférieures de leurs tiges, privées de lumière ou recevant un faible éclaircissement, sont d'épaisseur plus faible que les parties aériennes, mais elles persistent quelques années, tandis que les parties aériennes sont le plus souvent annuelles. Des racines adventives suppléent la racine principale qui disparaît de bonne heure en général.

Considérons la coupe de la tige rampante âgée de 3 ans chez le *Stellaria graminea* (fig. 23 et 24). Nous y trouvons ce bois spécial de Caryophyllée à vaisseaux arrondis disséminés en abondance dans un parenchyme ligneux peu ou pas lignifié; il est partagé en trois parties : la plus interne et la plus externe sont assez dures et à vaisseaux ronds et plus larges; entre elles est intercalé un bois à vaisseaux un peu plus étroits et moins lignifiés, absorbant à peine le vert d'iode. La coupe dont l'écorce est quadrangulaire devient ronde par l'exfoliation rapide d'une bonne partie de cette écorce. Il existe une structure assez voisine dans les parties âgées de 4 ans, quand celles-ci persistent, ce qui est assez rare.

La partie âgée de deux ans est en général la plus mince. Sa structure (fig. 25 et 26) est assez voisine de la précédente, mais tous les tissus sont plus réduits, étant donnée sa faible épaisseur.

La tige d'un an est beaucoup plus grosse et ses tissus plus développés (fig. 27 et 29). Si l'on ne connaissait son âge, on la croirait plus vieille que les autres. Il suffit de comparer les figures, dessinées à la même échelle, pour se rendre compte des différences que je viens rapidement d'indiquer.

La racine a un bois sensiblement uniforme, comme dans certains bois de rosette précédemment étudiés. La symétrie est radiale au lieu d'être cruciale comme dans la tige (fig. 28).

Dans le *Gallium Cruciata*, la coupe d'une racine de 4 ans rappelle la précédente, mais ses bois présentent une zone moyenne absorbant moins le colorant et à membranes moins épaisses. Cette structure se retrouve dans les tiges de trois ans, avec une moelle assez développée au centre. Les tiges de 2 ans et de un an ont un bois sensiblement uniforme. Comme chez le *Stellaria graminea* l'écorce quadrangulaire s'exfolie de bonne heure et la tige devient arrondie dès la deuxième année de son âge.

Trois couches concentriques, dont deux formées par du bois dur et séparées par un anneau circulaire de bois plus tendre se rencontrent aussi chez certains échantillons des tiges de *Crithmum maritimum* âgées de 6 ans, 5 ans et 4 ans (fig. 3, pl. XXI), mais non dans toutes (fig. 4, pl. XXI). Les échantillons

étaient desséchés en partie par la pointe et, tout en étant rattachés au pied principal, étaient nourris directement par une racine adventive assez puissante (fig. 30).

30

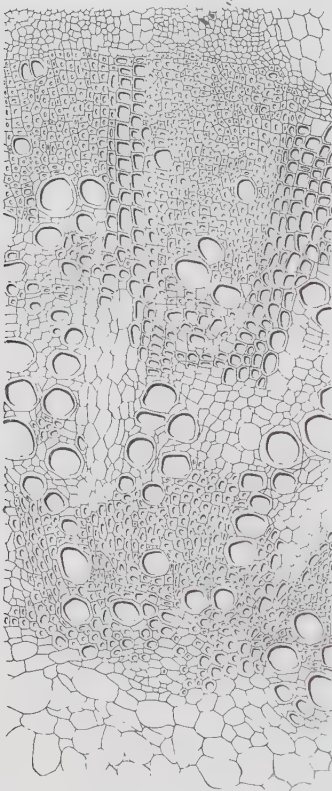


Fig. 30. — Portion de tige de *Crithmum maritimum*, avec deux couches de bois fibreux séparées par une couche de bois tendre. En certains points la moelle est sclérifiée.

31

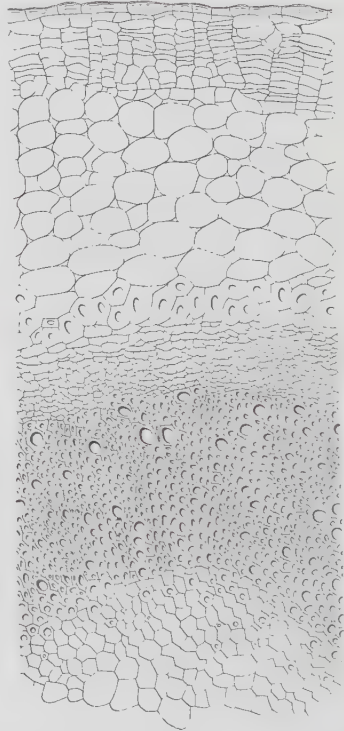


Fig. 31. — Coupe transversale de la tige du *Frankenia laevis*. On y voit un bois très dur, mais dont la partie médiane absorbe moins les colorants verts. Cela donne, sur la préparation, trois couches concentriques distinctes qui ne sont pas visibles sur un dessin noir.

La même disposition en trois couches concentriques existe dans la tige âgée de 5 ans chez le *Frankenia laevis*, cultivé au Jardin des Plantes de Rennes. Une couche de bois mou, non lignifié, ne prenant pas le vert d'iode, est située entre deux cou-

ches concentriques de bois lignifié (fig. 31). Les bois ont un peu l'aspect du bois de Caryophyllée (*Silene*, *Stellaria* ou *Gypsophila*), mais plus serré. Le liège est épais.

Dans la racine de même âge, le bois est uniforme mais simplement plus dense au centre. Les vaisseaux ligneux sont disposés en files radiales.

Certaines tiges de 4 ans ont un bois uniforme à vaisseaux rangés en files radiales. Des fibres péricycliques y forment un anneau complet, qui se rompt avec l'âge pour se prêter à la croissance, et, dans les brisures, se trouve du parenchyme réparateur. Le liège est d'origine sous-épidermique.

A d'autres niveaux (2 ans), on trouve trois couches encore comme dans la partie âgée de 5 ans, mais les couches lignifiées du bois le sont beaucoup moins que dans celle-ci.

La partie âgée de 3 ans possède une couche interne de bois bien lignifié entouré d'un anneau mince de bois non lignifié ; et la tige d'un an a un bois uniforme.

Le *Frankenia laevis* est donc très remarquable par la variabilité de sa structure suivant les niveaux et suivant la valeur ou la place des dérivations.

L'étude du *Teucrium chamædrys* révèle d'autres particularités. C'est une Labiée calcicole, cultivée en terrain argileux depuis longtemps au Jardin des Plantes de Rennes, où elle est fort bien acclimatée, à la façon des plantes alpines dont j'ai décrit la structure.

Les tiges présentent de nombreuses racines adventives ; celles nées sur les parties anciennes tombent plus ou moins rapidement et celles qui persistent perdent d'assez bonne heure leur pouvoir absorbant. Au contraire les racines plus rapprochées du sommet sont très actives et donnent lieu à une dérivation assez puissante si bien que les parties anciennes sont réduites à la ration d'entretien et ne s'accroissent plus sensiblement en épaisseur.

La coupe d'une tige, dans la région âgée de 5 ans, montre une moelle bien développée, à 4 angles, dont deux en face les parties épaisses (dos) et deux en face les parties minces (ventres). Une première couche de bois dur est nettement séparée

des bois suivants où, dans les dos, se voient de vagues séparations en couches, les fibres ayant des épaississements et des lumens très inégaux. On donnerait, d'après la structure des bois secondaires, deux ans au plus à cette tige.

Dans la partie âgée de 4 ans, on trouve trois couches assez nettes d'un seul côté de la coupe ; de l'autre une couche nette et une seconde couche à éléments ligneux à zones indistinctes comme dans la coupe précédente.

La partie âgée de 3 ans est semblable à la précédente. Celle de deux ans a deux couches, dont la première est très grande et la seconde, petite et en forme d'arc. A un an, le bois est uniforme.

La variabilité de la structure ligneuse suivant les niveaux et le mode de dérivation est moindre que chez le *Frankenia laevis*. Cela tient à la durée plus courte des dérivations, c'est-à-dire à la destruction plus rapide des racines adventives. Le mode de vie a donc sur la structure secondaire de ces plantes une influence très marquée et facile à mettre en évidence.

Un autre type remarquable, c'est le *Potentilla Fragariastrum*, Rosacée à tiges rampantes, mais à croissance indéfinie. Cette plante possède des tiges couchées, un peu radicales, qui restent reliées à la souche mère et sont nourries par la racine principale primitive. Dans les conditions ordinaires, elle pousse dans les haies et les bois ; elle est comme l'*Anemone sylvestica*, soit à l'ombre quand les bois sont très développés, soit au soleil quand ils sont coupés ; elle passe par conséquent par des périodes de vie ralentie et de vie active où la croissance est presque nulle ou au contraire assez marquée. Et l'on conçoit que, même si le nombre des couches concentriques de ses bois correspondait à l'âge réel, le fait de la non formation de telles couches pendant la vie ralentie suffirait à empêcher la détermination exacte de l'âge.

Le pied que je vais décrire était fort âgé et portait de très nombreuses tiges. Il était cultivé, en plein soleil, depuis plus de 30 ans au jardin botanique de Rennes.

Les coupes pratiquées dans des régions d'âge différent montrent un bois étoilé dont les branches au nombre de 4 à 10

sont séparées par des compartiments plus ou moins larges et souvent très grands de parenchyme médullaire. Les bois sont réunis ou non près la moelle par un anneau ligneux. Ils sont formés par des vaisseaux arrondis entourés tantôt de fibres, tantôt de parenchyme plus ou moins épaissi, le plus souvent non lignifié, et séparé par des bandes plus ou moins nettes de bois mou. C'est une structure qui rappelle jusqu'à un certain point certaines dispositions de quelques Crucifères et Caryophyllées (fig. 1, 2, 3 et 4, pl. X). Mais si l'on était tenté de voir au premier abord un rapport entre le nombre de ces couches alternativement tendres et plus dures, on serait vite édifié en examinant les coupes d'âge varié, car le nombre des séparations est fort variable et parfois plus considérable dans des régions plus jeunes que dans des régions plus âgées. Ici encore la sève élaborée par les rosettes annuelles des feuilles ne se rend pas dans les parties vieilles qui, tout en se maintenant vivantes, conservent la structure qu'elles avaient à l'époque où la vie active a fait définitivement place à la vie ralentie.

Cette plante possède un liège spécial de Rosacée, particulièrement développé, et formé de strates nombreuses superposées (fig. 48).

Je pourrais citer encore de nombreux exemples se rapprochant de ceux que je viens de signaler. Je me bornerai à indiquer les cas particuliers des *Muchlebergia*, *Globularia*, *Helianthemum*, *Rubus*, *Vinca*, *Hedera* et de quelques lianes.

Le *Muchlebergia* est une Polygonée normalement grimpante, que l'on cultive en buisson au jardin botanique de Rennes. Les parties de la tige âgée de 3, 4 ou 5 ans sont plus ou moins rampantes et présentent un bois secondaire partagé en deux ou trois couches secondaires au plus. Celles d'un an et de deux ans n'ont qu'une seule couche de bois uniformes. Dans cette plante, l'accroissement en épaisseur était faible par suite du mode de vie qui lui était imposé et de l'acclimation au sol et au climat rennais.

Le *Globularia Salicina* (fig. 4, pl. IX) offre beaucoup d'analogie, au point de vue de la disposition des couches concentriques ligneuses, avec le *Poterium Sanguisorba* (fig. 3, pl. VII). La

dorsiventralité est très accusée ; les distinctions entre le bois de printemps et le bois d'automne sont plus nettes ; le bois interne, le plus ancien, est aussi le plus dur et se distingue nettement des autres. Le nombre des couches, dans les exemplaires suffisamment âgés, est plus petit que le nombre des années.

Dans l'*Helianthemum vulgare* provenant des dunes d'Erquy, la coupe de la racine près le collet (fig. 4, pl. VII) montre un bois central dur entouré de couches concentriques très peu distinctes. Le liber est très développé ainsi que le périderme où se voient de nombreuses strates subéreuses. La structure des bois secondaires offre des ressemblances avec celle de certaines Ericacées.

Le *Rubus cæsius* est caractérisé par son marcottage naturel. Des tiges allongées s'enracinent de distance en distance, en restant réunies au pied mère. Je me suis demandé si ces tiges d'union, nourries maigrement par les tiges naissant au niveau des dérivation mixtes, présentaient chaque année du bois de printemps et du bois d'automne.

Une coupe passant dans la région médiane d'une tige marcotte de cette nature (fig. 4, pl. VIII) montre bien qu'il n'en est rien. La tige présente une seule couche de bois correspondant à la première année de végétation. C'est à peine si, à partir du moment où les racines adventives ont fonctionné, quelques vaisseaux ligneux se sont différenciés. La tige continue à vivre, mais passe à l'état léthargique.

Des phénomènes semblables se passent pour les tiges du *Vinca minor* et du *Vinca major* (fig. 3, pl. VIII).

Chez l'*Hedera helix*, le marcottage naturel peut s'effectuer comme chez l'*Obione portulacoides* (fig. 2), et la tige présente alors des dimensions inégales au-dessous et au-dessus de la dérivation. Les bois enregistrent alors des variations correspondantes. La tige, au-dessous de la dérivation, reste plus mince ; ses bois sont moins épais, avec des couches concentriques moins nettes et moins nombreuses (fig. 2, pl. VIII), que dans la région située au-dessus des racines adventives, beaucoup plus épaisse (fig. 1, pl. VIII). La convergence est ici très remarquable.

Le Lierre porte des racines crampons qui peuvent rester

vertes jusqu'à un âge avancé et se ramifier plus ou moins. On a prétendu que ces racines ont une structure analogue à celle des racines de la même plante qui se développent dans le sol.

J'ai constaté que ce n'est pas exact pour les formations secondaires. Le bois de première année devient fibreux et uniforme avec l'âge. Autour du massif central qu'il forme, on voit des bois secondaires disposés en étoile à 6 ou 7 branches séparées par de larges coins de parenchyme (rayons médullaires).

Ces bois sont eux-mêmes uniformes et sans traces de couches concentriques.

Les parenchymes renferment d'assez nombreux cristaux en oursin.

Un phellogène assez actif, situé profondément, donne en abondance du liège et du phelloderme.

Les lianes ont une structure très spéciale, avec leurs gros vaisseaux, leurs rayons médullaires larges, leur bois à parenchyme abondant et non lignifié, et leur liber prédominant. J'ai étudié l'*Aristolochia longa* (fig. 1, pl. III) et le *Menispermum canadense*.

Sans vouloir revenir sur leur structure bien connue, je ferai remarquer que, chez ces plantes, rien n'est variable comme le nombre et la netteté des couches concentriques et que ce nombre n'est pas en rapport exact avec le nombre des années dans les exemplaires suffisamment âgés.

Dans les plantes, à rhizomes et dans les racines de plantes diverses, on trouve encore des structures très variées et de très remarquables phénomènes de convergence, ainsi qu'on va pouvoir en juger par la suite de ce travail.

Considérons le *Chelone glabra*, Scrofulariée buissonnante, à tiges souterraines ou plus ou moins épigées, sympodiques et pourvues de nombreuses racines adventives.

Le rhizome est très enchevêtré et il est difficile d'en séparer les diverses parties sans les briser. En général, des chicots bien nets permettent d'en reconnaître assez facilement l'âge. Mais des bourgeons adventifs peuvent parfois apparaître sur des parties anciennes à l'état de vie ralentie et y ramener ainsi la

végétation active, par un retour en arrière. Il est donc nécessaire de bien connaître le développement morphologique externe de la plante pour en expliquer sûrement la structure.

Dans un rhizome de *Chelone glabra* dont j'ai suivi le développement pendant six ans, la partie âgée de six ans (fig. 2, pl. XVIII) présente autour de la moelle deux anneaux complets de bois dur, avec beaucoup de fibres et peu de vaisseaux. Entre ces anneaux, se voit une légère couche de bois tendre, ne prenant pas les colorants verts. Au-dessus de ce bois dur, les bois secondaires se fractionnent en formant des coins ligneux séparés par des rayons médullaires larges, mais les bois de printemps et d'automne n'y sont pas distincts d'une façon très nette.

La partie du rhizome âgé de 5 ans présente quelques différences minimales avec la région de 6 ans. L'anneau interne complet n'offre qu'une seule couche assez étroite (fig. 3, pl. XVIII). La couche qui l'entoure offre déjà des séparations ; les couches suivantes sont fractionnées et le bois se ramifie çà et là en V.

A 4 ans, l'anneau le plus interne a une tendance à se fractionner lui-même (fig. 4, pl. XVIII), tandis que à 3 ans, il est complet, ainsi qu'à deux ans.

Les racines adventives de 5 ans présentent une structure bien différente de celle du rhizome. Il n'y a pas correspondance entre l'âge et le nombre des couches concentriques (fig. 1, pl. XVIII).

Le liège se trouve dans l'écorce et est formé de couches assez épaisses, uniformes dans la tige comme dans la racine.

Le *Pachysandra procumbens* est une Euphorbiacée buissonnante, à tiges souterraines rampantes s'enracinant facilement aux nœuds et formant sympode. Malgré les dérivations successives, les tiges restent longtemps attachées à la plante mère.

Les coupes successives effectuées dans des tiges rampantes souterraines ou couchées sur le sol, âgées de 2 à 8 ans, révèlent l'existence d'une dorsiventralité en général très accusée et dont l'importance dépend de la situation de la pousse et de la valeur de la dérivation mixte (racines et rameaux réparateurs). Le dos est situé du côté de la lumière ; le ventre, du côté du sol (fig. 4, pl. LVI), quand le rameau réparateur est unique et situé à la

face supérieure du rhizome précédent. Si les rameaux réparateurs sont au nombre de deux et situés latéralement aux extrémités d'un même diamètre, le ventre est moins marqué et il y a deux dos plus ou moins distincts.

Les bois secondaires présentent des traces de couches concentriques dans la région dorsale épaisse, mais leur nombre est bien inférieur à l'âge réel de l'organe.

D'autres catégories de plantes herbacées polycarpiques à rhizome sont également intéressantes comme exemples d'adaptations anatomiques correspondant au mode de vie. Telles sont : 1° les plantes plus ou moins rampantes, plus ou moins souterraines et aériennes, à rosettes plus ou moins prononcées, comme certains *Geranium*, *Cirsium*, etc., à ramification sympodique ; 2° les plantes à rosette, à croissance indéfinie, à tiges florifères latérales et définies comme certaines Potentilles, le *Geum urbanum*, divers *Viola*, etc.

Parmi les *Geranium* vivaces, j'ai étudié plus spécialement les *Geranium sanguineum*, *macrorrhizon* et *Endressi*, cultivés au jardin botanique de Rennes et le *Geranium sanguineum* provenant des dunes d'Erquy (Côtes-du-Nord).

Le *Geranium sanguineum* est une plante de longue durée, robuste, à rhizome rosé, écailleux et ramifié, sur lequel se trouvent de nombreux chicots indiquant avec une assez grande précision le nombre des années dans les exemplaires normaux. Des racines adventives épaisses mais peu nombreuses, existent çà et là sur les rhizomes, et peuvent parfois donner des bourgeons adventifs qui se développent en tiges nouvelles quand les circonstances sont favorables.

La structure est peu différente dans les exemplaires du Jardin des Plantes de Rennes et dans ceux d'Erquy. La coupe d'un rhizome de 4 ans, pris à Rennes, montre une moelle très étendue autour de laquelle on voit un bois formé d'un nombre variable de compartiments séparés par du parenchyme et entourés chacun d'îlots irréguliers de fibres très dures. Ces bois ne sont pas toujours divisés en couches concentriques bien distinctes et si, dans quelques exemplaires, on voit des séparations assez nettes, leur nombre ne correspond pas à celui des années.

Au-dessus du bois vient un liber dont la partie externe comprend des fibres en anneau tantôt complet, tantôt interrompu en certains points. Le périclerme est très développé, d'aspect spécial, différent de celui des autres espèces.

Les échantillons d'Erquy étaient plus vieux. Dans la partie âgée de 12 ans, les faisceaux ligneux étaient au nombre de 4, par suite de la soudure de deux d'entre eux, quand le nombre typique est de 5. Ces faisceaux étaient aplatis et très réduits (fig. 2, pl. XIV). Les fibres libériennes n'existaient pas. Le périclerme était très accusé.

Une partie du bois secondaire de certains faisceaux se résorbait en s'entourant d'une couche irrégulière de liège accidentel (fig. 32). Autour des faisceaux ou mélangées au bois se trouvaient des fibres épaisses et dures en îlots. Il était impossible de trouver un nombre de couches concentriques ligneuses égal à celui des années.

Dans la région du rhizome âgée de 6 ans, il y avait cinq faisceaux ligneux séparés inégalement développés vu la station horizontale de l'organe. On y trouvait des couches concentriques ligneuses plus distinctes et plus nombreuses que dans la partie âgée de douze ans ; elle paraissait ainsi plus vieille. Des îlots de fibres libériennes existaient en face des faisceaux ligneux (fig. 1, pl. XIV).

Toutes les coupes de ce *Geranium* sont riches en cristaux d'oxalate de chaux.

La différence principale qui existe entre les exemplaires de Rennes et d'Erquy consiste dans la réduction du stéréome chez les exemplaires maritimes, ce qui est en rapport avec les données relatives à l'action du climat marin et du chlorure de sodium (64).

Les faisceaux ligneux étaient inégalement développés dans toutes les coupes ; la dorsiventralité était très nette, par conséquent, et cette disposition était naturellement la résultante de l'état plagiotrope du rhizome, comme dans les cas précédemment décrits. En outre, ils étaient d'autant plus aplatis qu'ils étaient plus vieux et l'on n'y trouvait plus la disposition en V

des vaisseaux qui existe dans les tiges de première année et qui rappelle celle des Monocotylédones.

32

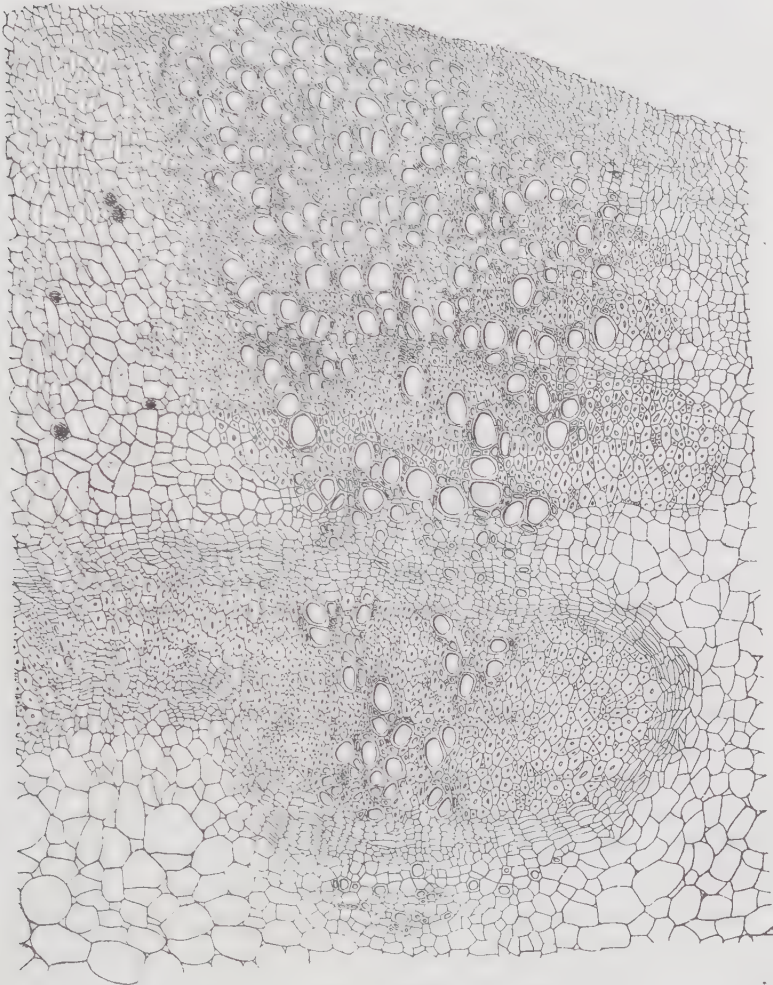


Fig. 32. — *Geranium sanguineum*. Portion de rhizome âgé de 12 ans, prise sur la coupe photographiée, fig. 2 de la planche XIV en phototypie. — On voit la disposition en V plus ou moins déformé du bois typique de cette espèce. Le bois secondaire le plus ancien est en voie de résorption et une couche épaisse de phellogène cicatriciel va l'isoler du reste des tissus vivants. Tous ces bois sont mélangés de fibres épaisses. Dans les parenchymes se voient de gros cristaux d'oxalate de chaux, en oursin.

Le nombre variable des faisceaux libéroligneux correspondait à la ramification normale plus ou moins marquée et plus ou moins rapprochée suivant les niveaux, ainsi qu'aux pousses adventives.

Le *Geranium macrorhizon* est pourvu d'un rhizome sympodique très ramifié et de longue durée. Une coupe passant dans une région âgée de 4 ans donne une moelle assez développée, riche en réserves amylacées, entourée par une couche épaisse de bois secondaires formant un anneau continu, mais où les productions annuelles ne sont pas distinctes. Le liber, assez épais, est entouré d'une large écorce et d'un liège très développé, s'exfoliant par couches successives. Les cristaux d'oxalate de calcium sont très abondants dans les parenchymes.

La coupe de la région du rhizome âgée de 3 ans comprend cinq faisceaux ligneux séparés, sans traces de distinctions ligneuses annuelles. Le liber est en anneau continu ; l'écorce plus réduite et le liège épais, stratifié, presque entièrement dur et assez spécial.

La partie âgée de deux ans présente des faisceaux libéroligneux distincts, en nombre variable dont quelques-uns plus gros entre lesquels s'intercalent des vaisseaux plus petits. Deux des gros faisceaux présentaient des traces de couches concentriques ; les autres, non.

Dans ces deux dernières coupes, la moelle était fort développée et les cristaux d'oxalate de calcium particulièrement nombreux.

Chez le rhizome sympodique, également ramifié, du *Geranium Endressi*, on observait une structure intermédiaire jusqu'à un certain point avec les précédentes. Ainsi dans la partie du rhizome âgée de 4 ans, les bois secondaires formaient un anneau presque continu, mais où l'on voyait cependant les cinq faisceaux primitifs. Dans la partie dorsale, des couches concentriques assez distinctes, variables en nombre sur des coupes voisines et même suivant les faisceaux de la même coupe, montraient le peu de constance et de valeur de ce caractère au point de vue de la reconnaissance de l'âge.

Dans les parties âgées de 3 ans, 2 ans et un an, les fais-

ceaux ligneux, au nombre de cinq, quelquefois plus, étaient isolés et présentaient, surtout les plus gros situés dans la région dorsale, des séparations en zones plus ou moins tranchées, par des fibres dures et épaisses disposées d'une façon plus ou moins régulière, comme chez les espèces précédentes. Naturellement ces séparations ne correspondaient pas avec l'âge ; ou, quand cette concordance se rencontrait pour un faisceau, elle n'existait pas pour les autres.

Le *Cirsium acaule* a une structure également intéressante. Cette espèce a un rhizome sympodique horizontal, d'assez longue durée, mais qui, à Erquy, m'a semblé ne pas dépasser 8 ans ; il porte de fortes racines, devenant presque ligneuses, qui s'insèrent en des points variables, généralement aux nœuds ; tous les nœuds pourvus de chicots ou de cicatrices annuelles ne portent cependant pas de racines. L'âge est facilement reconnaissable par l'examen extérieur du rhizome.

J'ai étudié deux coupes de cette plante ; la première correspond à un article du rhizome âgé de 8 ans, arrivé par conséquent à la période de décrépitude ultime, ainsi qu'en témoigne la moelle en voie de résorption ; la seconde à un article de 6 ans plus aplati.

Les bois secondaires forment des compartiments rayonnants séparés par des bandes plus ou moins larges de parenchyme ; dans ces bandes ligneuses on observe des couches concentriques dues à ce que les bois offrent des parties fibreuses et des parties parenchymateuses en bandes successives, plus régulières que chez les Crucifères, quoique assez analogues, mais leur nombre est variable non seulement suivant les coupes, mais suivant les faisceaux dans une même coupe. Elles sont surtout visibles dans la partie dorsale très développée par rapport à la partie ventrale, le rhizome étant plagiotrope.

Ce qu'il y a de remarquable c'est que la coupe de la partie âgée de 8 ans (fig. 4, pl. XIV) semblerait moins âgée que la partie plus jeune de 6 ans (fig. 3, pl. XIV), si l'on s'en rapportait au seul examen microscopique.

Des parenchymes de compression existent dans la moelle

des parties suffisamment âgées. L'assise génératrice subéro-phel-lodermique ou phellogène se cloisonne en tous sens (fig. 49).

Beaucoup de Rosacées possèdent des rhizomes dont la structure est intéressante par ses relations avec le mode spécifique de vie.

Chez la plupart d'entre elles, la coupe transversale du rhizome présente des couches concentriques en nombre variable suivant les espèces, quelquefois suivant les exemplaires différents de même âge et suivant les coupes de même âge dans une même plante.

Avec certaines Potentilles, comme *Potentilla atosanguinea* on arrive à un autre type, assez voisin encore cependant, mais qui établit le passage des plantes rampant sur le sol aux plantes dressées en buisson, mais à tiges faibles, comme le *Chelone glabra* précédemment décrit.

Chez ces Rosacées, les bois forment presque un cercle péri-médullaire, mais chacun des faisceaux se subdivise en V successifs séparés par des compartiments de parenchyme. Les vaisseaux ont la forme assez arrondie et la dissémination un peu irrégulière de *Potentilla Fragariastrum*, mais ils sont accompagnés de fibres plus ou moins épaisses, et d'autant plus nombreuses que l'on se rapproche du centre.

Le liège est très accentué, stratifié, ainsi que le liber.

Cette structure dans laquelle le bois dur forme un anneau plus ou moins épais, entouré de bois rayonnants, offre encore une ressemblance avec la disposition de quelques plantes monocarpiques remontant accidentellement ou sous l'influence de facteurs particuliers, comme le *Sysimbrium austriacum* (fig. 1, 2 et 3, pl. XLIV), le *Lunaria biennis* (fig. 4, pl. XXXVII), le *Phacelia bipinnatifida* (fig. 4, pl. XLIV), etc.

D'autres Rosacées présentent une structure plus ligneuse que les précédentes ; les coupes de leur rhizome offrent en général des couches concentriques assez nettes où l'on peut distinguer du bois de printemps et du bois d'automne. Mais ces couches sont souvent en nombre variable suivant les niveaux considérés et parfois une portion plus jeune peut avoir un nombre de couches supérieur à celui d'une partie plus âgée. Cela

tient toujours à la nature et à la disposition des tiges adventives, ou des ramifications normales du rhizome et des racines adventives plus ou moins nombreuses et plus ou moins développées.

La dorsiventralité est d'autant plus nette que le rhizome est plus horizontal.

La moelle est volumineuse dans toutes ces coupes et c'est elle qui est le principal tissu de réserve.

Parmi ces Rosacées, j'ai étudié l'*Alchemilla vulgaris*, l'*Agrimonia Eupatoria*, le *Spiræa ulmaria*, le *Geum urbanum*, le *Poterium Sanguisorba*.

Le rhizome de l'*Alchemilla vulgaris* est volumineux, allongé, rameux, pourvu de nombreuses racines adventives et très écailleux. La coupe de la région âgée de 5 ans (fig. 3, pl. XIX), dorsiventrale, montre des faisceaux libéroligneux, plus ou moins isolés par des rayons médullaires, et dans lesquels les couches concentriques sont peu distinctes. Le liège est profond et stratifié.

L'*Agrimonia Eupatoria* (fig. 3, pl. IX) a un rhizome à structure dorsiventrale, dans lequel le bois forme une couche continue avec des couches concentriques assez nettes. Le bois primaire et le bois de rosette sont nettement séparés du bois secondaire par les grands vaisseaux formant la première couche de celui-ci. Le liège, épais et stratifié, comprend des couches de liège dur et de liège mou alternant entre elles. Le périderme est très développé même dans les parties âgées d'un an.

Chez la Reine des prés (*Spiræa ulmaria*), un rhizome de 4 ans présentait des faisceaux isolés tendant à se réunir par des bandes de sclérenchyme. Dans le bois, des fibres épaisses formant des bandes plus ou moins larges, alternaient avec du bois tantôt dur, tantôt mou, de telle sorte qu'il était impossible de reconnaître l'âge en comptant le nombre des couches concentriques ligneuses.

Dans le *Geum urbanum* (fig. 1, pl. IX), le type de structure se rapproche de ceux du *Lychnis dioica* (fig. 4, pl. XXXIX), de certains *Plantago coronopus* (fig. 1 et 2, pl. XL) ou de *Digitalis purpurea* (fig. 1, 2 et 3, pl. XXXIX). Le bois le plus ancien est

peu lignifié, et c'est le bois jeune qui est le plus dur. Le périoderme se rapproche du type habituel des Rosacées herbacées.

Le *Poterium Sanguisorba* (fig. 3, pl. VII), provenant des dunes d'Erquy, a une structure ligneuse dans son rhizome pourvu de racines adventives pivotantes et presque cylindriques. Les couches concentriques ligneuses étaient nombreuses dans la région âgée de vingt ans au moins ; les premières étaient bien distinctes ; les autres, beaucoup moins. Le liber, peu développé, était uniforme ; le liège s'exfoliait d'une façon irrégulière et, à cet âge, ne présentait plus aussi nettement les strates du liège habituel des Rosacées Potériées.

Dans les parties plus jeunes, la première couche de bois était dure et bien distincte du bois plus tendre formé les années suivantes (coupes de 10 ans et 4 ans). La structure était aussi fortement dorsiventrale.

Beaucoup de plantes ont des structures qui se rapprochent plus ou moins de celles que je viens de décrire. Parmi elles, je citerai seulement le *Viola odorata* (fig. 2, pl. IX), dont la tige rampante épigée présente à la fois des analogies de structure avec divers *Geranium* et certaines *Rosacées*.

Mais il y en a d'autres qui ont des structures plus spéciales ; il en est ainsi chez les *Galeobdolon luteum* et *Teucrium Scordonia*, Labiées curieuses dont je vais étudier la structure en détail ; chez les Légumineuses herbacées vivaces, l'*Urtica dioica*, l'*Epimedium*, etc.

Le *Galeobdolon luteum* a une souche non drageonnante, mais noueuse par les chicots qui sont les restes des vieilles tiges aériennes. Les tiges florifères sont dressées d'abord, puis elles s'étalent souvent et deviennent radicantes à quelques-uns des nœuds. Quelquefois des tiges adventives se développent sur des points anciens de la souche, à vie ralentie et qui repassent alors pour un certain temps à l'état de vie active.

La coupe d'une partie de la souche âgée de 18 ans au moins (fig. 1, pl. XV) présente l'aspect ordinaire des tiges de Labiées, mais elle est dorsiventrale par suite de l'état rampant. Sur l'un des angles, dans la région épaisse, on voit quatre couches concentriques ligneuses, fort peu distinctes d'ailleurs.

Une coupe passant dans la partie âgée de 16 ans est analogue à la précédente sauf que dans l'angle le plus développé, on voit des couches concentriques nombreuses et peu distinctes (fig. 2, pl. XV).

Dans la coupe de la partie âgée de 7 ans, les couches concentriques sont au nombre de 3 ou 4 pour la région dorsale, et moins nettes dans la région ventrale (fig. 3, pl. XV).

Enfin la partie âgée de 4 ans étant redressée, la structure devient cruciale comme cela existe dans les plantes à feuilles opposées où ces feuilles sont disposées sur deux rangées opposées en croix. Il y a des couches concentriques assez peu distinctes aux quatre coins de la coupe (fig. 4, pl. XV).

La tige âgée d'un an et dressée a la structure bien connue des Labiées.

Ce qu'il y a de remarquable dans la structure des diverses régions de la souche du *Galeobdolon*, c'est que l'on prendrait des couches jeunes pour des couches plus âgées et inversement, si l'on ne connaissait l'âge véritable par les registres de plantation et par l'examen extérieur.

Le *Teucrium Scorodonia* est une autre Labiée vivace à rhizome pourvu de fortes racines, mais dont les drageons restent longtemps reliés au pied mère muni d'une forte racine pivotante.

La plante dont j'étudie ici la structure possédait un pied mère dont la tige principale était détruite ; latéralement un fort drageon avait donné une souche nouvelle, portant de nombreux chicots et âgée de dix ans au moins ; elle était nourrie directement par une grosse racine adventive et quelques autres plus petites. Plus bas partait un drageon âgé de 4 ans au moins. La racine principale pivotante du pied mère avait au moins 13 ans.

Dans cette dernière, j'ai fait passer deux coupes à cinq centimètres de distance. La première passait par une région ayant subi une blessure à un âge assez avancé et la cicatrisation s'était effectuée en partie, suivant le mode habituel de la cicatrisation avec bourrelet. Six couches concentriques seulement y étaient visibles (fig. 3, pl. XVI).

La seconde était faite dans une portion de racine intacte. Elle était légèrement dorsiventrale et l'on y voyait six couches concentriques moins nettes que dans la précédente et en certains points, on pouvait en compter sept (fig. 4, pl. XVI).

Quant à l'ancien rhizome du pied mère, il était en partie détruit par accident. La coupe de la région voisine du collet (fig. 2, pl. XVI) avait un bois dur séparé par des rayons médullaires larges ou étroits suivant les régions. Le nombre des couches concentriques distinctes était de cinq ou de six, c'est-à-dire bien inférieur à l'âge réel de cette partie. La déchirure de la tige étant récente, les tissus cicatriciels ne s'étaient pas formés.

J'ai fait passer une autre coupe dans le drageon le plus fort relié au pied mère et âgé de dix ans au moins. La structure était dorsiventrale (fig. 1, pl. XVI), et cela se conçoit car la dérivation amenée par la grosse racine adventive empêchait le drageon d'union de recevoir de la nourriture des deux côtés. Le nombre des couches concentriques était encore de six, montrant bien ainsī qu'à partir de la sixième année, toutes les parties antérieurement formées étaient passées à l'état léthargique.

Une coupe effectuée dans le drageon âgé de 4 ans, de vigueur beaucoup moindre que le précédent fournissait encore une dorsiventralité peu nette, avec trois couches concentriques inégales. La deuxième était surtout très épaisse et de dorsiventralité de même sens que la première. La troisième était mince et de dorsiventralité de sens différent des deux autres (fig. 2, pl. XVII).

Au voisinage des chicots de la souche mère, ce même drageon donnait une structure assez voisine; la dorsiventralité y était beaucoup plus marquée, la moelle plus réduite (fig. 1, pl. XVII).

Une tige aérienne de trois ans, couchée sur le sol à la base, présentait de même trois couches ligneuses concentriques nettes, indiquées légèrement même dans les rayons médullaires. La première couche était sensiblement de même épaisseur partout; la seconde, dorsiventrale; la troisième était réduite à un arc. L'ensemble de la coupe était nettement dorsiventral (fig. 3, pl. XVII).

La partie de la tige âgée de deux ans était presque verticale et entièrement aérienne. La symétrie de structure était presque radiale, mais cependant présentait une légère dorsiventralité (fig. 4, pl. XVII).

Pour le *Teucrium Scorodonia*, on pourrait ainsi donner les mêmes conclusions que pour le *Galeobdolon*.

D'autres plantes à rhizomes, comme l'*Urtica dioïca*, ont des structures bien spéciales et bien connues (65) que je me borne à signaler en passant. Les rayons médullaires présentent des strates fibreuses et des strates parenchymateuses alternant entre elles. Ces strates ne correspondent pas exactement aux séparations des bois d'ailleurs peu tranchées, et sans rapport avec l'âge (fig. 2, pl. XLII).

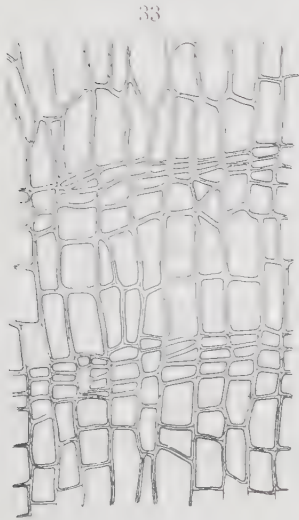


Fig. 33. — Portion d'un rayon médullaire du rhizome de l'*Epimedium alpinum*. Les cellules du parenchyme constituant les rayons médullaires ont des membranes épaissies, mais cependant non lignifiées. Les cellules aplaties tangentiellement sont inégales et le nombre des cellules superposées varie suivant les couches concentriques considérées, dont le développement relatif est fonction de la capacité de croissance de l'organe et de son passage plus ou moins brusque à l'état de vie ralentie.

Les rayons médullaires, en général nombreux, sont de taille très inégale (longueur et largeur), suivant les échantillons et souvent aussi dans une même coupe.

A cette inégalité de développement correspondent des inégalités de taille dans les compartiments ligneux, dont les dimensions sont elles-mêmes des plus variables, qu'il s'agisse des compartiments à vaisseaux plus ou moins nombreux ou des petites bandes exclusivement fibreuses.

L'*Epimedium alpinum* mérite une mention spéciale. Son rhizome comprend des parties grosses et des rameaux plus faibles. Dans les ramifications épaisses, les bois rayonnants présentent des sortes de séparations annuelles visibles dans les compartiments ligneux les plus larges où l'on voit de gros vaisseaux. Les compartiments étroits sont quelquefois formés seulement de fibres. Les rayons médullaires sont larges et pré-

sentent des couches concentriques fort nettes parce que des cellules courtes s'intercalent entre des cellules longues (fig. 33). Et l'on voit alors ce fait curieux que les parenchymes médullaires offrent des couches concentriques plus nettes que dans les compartiments ligneux (fig. 2, pl. III). Pareil aplatissement radial, à la fin de la végétation, dans les rayons médullaires, rappelant ce qui se passe habituellement dans les fibres du bois d'automne n'avait pas encore été signalé jusqu'ici.

Dans les tout petits rameaux du rhizome, les distinctions annuelles des rayons médullaires ne sont pas visibles, non plus que dans les parties rétrécies des grosses ramifications.

La concordance de ces rétrécissements, dans le sens radial et tangentiel, avec le nombre des années, ne paraît pas être bien parfaite, quoique cela existe assez souvent.

Certaines Légumineuses ont une structure très intéressante. Elles ont des fibres spéciales qui sont disséminées irrégulièrement dans les coupes, à la fois dans le bois ou dans le liber. Ces fibres ne sont pas lignifiées ou ne le sont que sur leur face interne qui alors prend le vert d'iode. C'est chez le Genêt d'Espagne que l'épaisseur de la partie lignifiée m'a paru le plus considérable. La quantité relative de ces fibres varie beaucoup, ainsi que leur disposition. Elles sont en général courtes avec un lumen étroit.

Dans cette famille, j'ai étudié plus spécialement les *Medicago sativa*, *Ononis reclinata*, *Galega officinalis*, *Anthyllis Vulneraria*, *Orobis tuberosus*, *Trifolium*, etc.

La Luzerne cultivée a une structure curieuse, tant dans son rhizome que dans sa racine. Les pieds de cette espèce n'ont en général pas de rhizome, mais ceux que j'ai étudiés avaient été décapités au-dessous du collet, ce qui avait provoqué l'apparition d'un rhizome de remplacement, à deux reprises différentes.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur les coupes d'un rhizome de 20 ans (fig. 2, pl. XIII), de 25 ans (fig. 1, pl. XIII), et sur celles des racines âgées de 25 ans (fig. 3, pl. XIII) ou de 30 ans (fig. 4, pl. XIII) pour voir que le nombre des couches concentriques ligneuses, indéterminable d'une façon précise, malgré

certaines arrêts plus brusques, ne permet pas d'en reconnaître l'âge, qui était connu de moi par la date du semis effectué, en 1883, par le propriétaire du champ. On remarquera en outre une certaine analogie entre ces coupes et celles de certaines plantes grasses, comme par exemple, le *Portulaca afra* (fig. 3, pl. VI).

L'*Ononis reclinata* (fig. 4, pl. XII) est une espèce tantôt annuelle, tantôt bisannuelle, mais dont certains pieds deviennent accidentellement vivaces au Jardin des Plantes de Rennes. Un de ceux-ci avait une racine épaisse où l'on pouvait observer trois couches concentriques de valeur inégale, quand la plante était âgée de 8 ans. On pouvait remarquer en outre, comme on le voit sur les coupes de racines de Luzerne, d'*Anthyllis Vulneraria*, etc., que la dorsiventralité est ici très accusée, ce qui infirme l'opinion émise par Van Tieghem sur la persistance de la symétrie radiale dans la structure secondaire de la racine.

Le bois a la forme de coins ligneux séparés par des rayons médullaires en général larges. Il y a des coins exclusivement fibreux, sans vaisseaux et des travées fibreuses réunissant çà et là les fibres de deux coins ligneux. Les fibres, très nombreuses dans le bois, existent aussi quelquefois dans les rayons médullaires. Ceux-ci peuvent présenter des ralentissements de croissance qui ne sont pas toujours en relation directe avec ceux du bois d'âge correspondant. Les arrêts et les reprises de végétation ne concordent pas toujours et cette discordance varie avec les régions considérées dans une même coupe.

Enfin un liège très développé avec strates superposées de liège mou et de liège dur, caractérise le périoderme de cette plante à structure curieuse.

Le *Lathyrus latifolius*, âgé de trois ans, possède une courte tige à bois mous dans lesquels on voit deux couches concentriques ligneuses, à peine distinctes. Les compartiments médullaires sont très larges par rapport aux cinq coins ligneux, riches en fibres spéciales de Légumineuses, ainsi que le liber et l'écorce qui sont très épais et ont de l'amidon en abondance. Le liège lui-même est très développé.

Chez l'*Anthyllis Vulneraria*, la racine porte de nombreuses nodosités bactériennes et n'est pas très ligneuse. Un pied, âgé

de 15 ans, d'après la date du semis, offrait la structure suivante dans sa racine (fig. 2, pl. XII) : au centre, le bois primaire, comprimé et peu distinct, est entouré par des couches concentriques ligneuses secondaires assez peu tranchées. Ce bois a quelque peu l'aspect de bois de *Caryophyllée* mais il s'en distingue par la présence des fibres spéciales des Légumineuses.

La racine, âgée de 5 ans, du *Galega officinalis* (fig. 3, pl. XII), est caractérisée par ses quatre grands rayons médullaires primaires et ses quatre compartiments ligneux formés de bois de Légumineuse ramifié en V. Les couches concentriques ligneuses y sont à peine distinctes.

Dans l'*Orobis tuberosus* âgé de deux ans, les tubercules sont séparés par des parties cylindriques. La coupe de ces parties montre qu'il n'y a pas de couches concentriques ligneuses distinctes ; les fibres spéciales des Légumineuses y sont bien caractérisées ; le liber est assez épais et les parties externes de l'écorce sont noires.

Le *Trifolium medium* possède un rhizome longuement drageonnant, avec racines adventives, mais restant relié à la racine principale. Son rhizome et sa racine présentent de nombreuses fibres spéciales dans les bois, le liber et même l'écorce mais les couches concentriques ligneuses n'y sont pas toujours bien nettes et en nombre égal à celui des années.

Toutes ces Légumineuses ont une structure caractéristique ; les fibres qu'elles possèdent leur sont particulières et permettent de les caractériser (fig. 90). Leur phellogène est très actif et donne de nombreuses couches de tissus protecteurs.

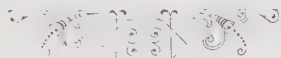
En résumé, dans les plantes étudiées ici, l'on voit par des coupes faites sur les divers organes et à des âges variés, que la nature des bois est déterminée par les conditions écologiques et les rythmes particuliers de végétation, sans qu'il y ait toujours concordance avec les affinités systématiques basées surtout sur les organes reproducteurs, moins sensibles à l'adaptation.

La phase de rosette donne un bois particulier, différent du bois de fructification ; cela correspond avec la nécessité plus ou moins grande du soutien suivant que la plante repose sur le sol, se maintient plus ou moins rampante, se soutient dans l'air à

l'aide de supports ou sans supports, comme aussi avec le développement et le poids relatifs des organes.

Une forte réduction des bois et de la lignification n'existe que chez les végétaux ou chez l'organe soutenu naturellement par le sol, les plantes ou les parties de plantes environnantes. Les bois de nature différente correspondent à des conditions écologiques différentes : ce sont des bois physiologiques.

Dans quelques cas, des éléments du bois peuvent être caractéristique de certains groupes de plantes ; en particulier il en est ainsi pour la nature des fibres ou des vaisseaux et leur groupement sur la coupe transversale. Certaines Crucifères, Caryophyllées, Légumineuses, etc., sont remarquables sous ce rapport.



DEUXIÈME GROUPE : Végétaux ligneux

Pour comprendre les caractères particuliers de la structure secondaire des végétaux ligneux, il est nécessaire de connaître le développement et l'organographie de leur appareil végétatif, ainsi que leurs rythmes particuliers de végétation.

Pour cette étude, je prendrai comme exemples : 1° le Poirier, 2° le Hêtre, qui sont deux des arbres les plus différenciés et j'y rapporterai ensuite les autres arbres ou arbrisseaux en faisant ressortir les différences ou les convergences qu'ils peuvent présenter avec ces deux types.

A. — POIRIER ET ARBRES A BOURSES FRUITIÈRES

I. — Morphologie externe du Poirier

Lors de la germination, le jeune Poirier donne des cotylédons épigés d'où s'échappe une tige feuillée généralement unique supportée par une racine pivotante unique ou ramifiée (fig. 34). Il n'y a jamais, à ce moment, formation d'une rosette,

comme chez beaucoup de plantes herbacées, et le bourgeon terminal prédomine nettement comme capacité fonctionnelle sur



Fig. 34. — Jeune scion de Poirier au moment de sa végétation active.

Fig. 35. — Dessin schématique représentant les ramifications typiques du Poirier. *R.*, racine principale pivotante; *ra.*, radicelles; *t.*, tronc; *f.*, flèche; *b. c.*, branche charpentière; *b.*, branche horizontale; *b. f.*, branche fructifère jeune; *r.*, branche retombante; α , angle que fait la branche charpentière *b. c.* avec la verticale. — Sur la première branche, on a indiqué une petite branche à bois de courte durée, avec ses pousses de plus en plus réduites.

les bourgeons latéraux. Autrement dit, le courant principal des produits dissous l'emporte fortement sur les courants latéraux.

Le jeune arbre perd ses feuilles et passe à l'état de vie ralentie à l'automne ; il prend alors le nom de scion ou baliveau.

Seules les feuilles meurent, le reste de l'appareil végétatif persiste et contient des réserves suffisantes pour qu'au printemps suivant la vie active recommence et que des feuilles nouvelles puissent se former. A ce moment, le bourgeon s'ouvre et les écailles qui le protégeaient l'hiver tombent en laissant une couronne circulaire de cicatrices rapprochées, qu'on peut appeler *cicatrices gemmaires* pour les distinguer des cicatrices foliaires, et qui sont très nettement visibles sur la tige pendant un certain nombre d'années.

Le bourgeon terminal s'allonge la deuxième année et donne une nouvelle pousse verticale qui est désignée par les arboriculteurs sous le nom de flèche. Les bourgeons latéraux ne se développent pas tous, mais quelques-uns donnent des pousses latérales qui seront les futures branches charpentières. Leur végétation s'arrêtera à l'automne pour repartir au printemps suivant. Les écailles du bourgeon terminal, en tombant alors, donneront une nouvelle couronne de cicatrices gemmaires de telle sorte que la partie de tige formée chaque année étant comprise entre deux couronnes de cicatrices gemmaires, on peut facilement reconnaître l'âge d'une branche donnée en comptant le nombre de ces couronnes qui est égal à celui des années vécues par l'organe.

En suivant le développement du jeune Poirier, nous verrons qu'il se forme des branches de plus en plus nombreuses et de plus en plus écartées de la verticale. Tandis que la flèche conserve intégralement son géotropisme négatif, les branches le perdent de plus en plus ; certaines le perdent totalement et deviennent horizontales ; d'autres deviennent même plus ou moins retombantes (fig. 35).

Ce qu'il faut remarquer ici, c'est que, une fois la charpente formée, on trouve dans le Poirier des états que nous avons rencontrés le plus souvent isolés chez les plantes herbacées, c'est-à-dire les états *simplex*, *ramosus*, *erectus*, *horizontalis* qui équivaient

à *repens*, et *procumbens* ou retombant. La symétrie rayonnée ou dorsiventrale plus ou moins prononcée ne doit donc pas surprendre ; elle est la conséquence obligée de la station spéciale de l'organe. Il en est de même pour la dorsiventralité qui tient aussi à l'inégalité de l'éclairement causée par l'enchevêtrement des branches.

La lumière n'arrive plus aussi facilement aux parties internes et il résulte de ce fait que beaucoup de celles-ci n'arrivent pas à donner de longues pousses, mais des pousses réduites que je désignerai sous le nom de petites branches à bois, dont l'existence est plus ou moins courte et qu'il ne faut pas confondre avec les petites branches fructifères dont il sera question tout à l'heure (fig. 35).

Pendant que se forme la charpente de l'arbre et que les tissus d'origine cambiale prennent un accroissement de plus en plus marqué, le phellogène donne naissance à un épiderme particulier, à liège accentué et presque caractéristique des Rosacées à pépins. Ce liège se distingue avec l'âge par ses cellules à membranes minces sur la face inférieure et très épaissies sur les trois autres faces (fig. 46).

L'exfoliation des parties externes finit par faire disparaître l'épiderme et les cicatrices gemmaires et ces dernières parties sont souvent déjà atteintes par les mousses et lichens qui se développent sur les écorces. Il résulte de là qu'on ne peut indéfiniment compter le nombre de ces couronnes, et que par suite il arrive un moment où l'on ne peut reconnaître par ce moyen l'âge d'une tige de Poirier.

Pendant une période variable suivant les exemplaires et les conditions de milieu où l'arbre se trouve placé, période qui est de cinquante ans environ, le bourgeon terminal de la flèche et des branches fonctionne indéfiniment ; il reste la clef de voûte de toutes les pousses futures : c'est ce qui caractérise le mode de ramification désigné par les botanistes sous le nom de ramification indéfinie ; les arboriculteurs appellent *branche à bois* les pousses qui se comportent de cette façon.

Les principales branches à bois sont la flèche *f* ou prolon-

gement de l'axe, dont j'ai déjà parlé, et les branches charpentières *b. c.* (fig. 35).

Mais il arrive un moment où le Poirier a formé une charpente étendue : son tronc porte plusieurs étages de branches de plus en plus ramifiées et éloignées de la racine. La quantité de nourriture que reçoivent les bourgeons va en diminuant et les entrenœuds deviennent de plus en plus courts. Ce raccourcissement s'observe surtout chez les branches qui font un angle très grand avec la verticale et qui, cachées en partie par les pousses à bois feuillées, reçoivent peu de lumière. Et c'est alors qu'apparaissent des pousses dans lesquelles le bourgeon terminal ne prédomine plus sur les bourgeons latéraux, de telle sorte que la petite branche formée a ses feuilles groupées presque en verticilles à son extrémité : c'est la production appelée *dard* par les

36



Fig. 36. — Deux dards successifs sur la même branche.

Le dard inférieur est plus long et à entrenœuds moins rapprochés que le dard supérieur chez lequel on voit une rosette de quatre feuilles insérées presque au même niveau.

Ce dessin représente les organes aux $\frac{2}{3}$ de la grandeur naturelle.

On remarquera que dans le dard supérieur, de beaucoup le plus court, les entrenœuds sont très rapprochés ; les feuilles entourent étroitement le bourgeon déjà plus serré, plus gros et moins pointu que les bourgeons à bois.

La tige du dard infé-

rieur est plus longue et les entrenœuds plus ou moins distincts.

Le nombre des feuilles de la rosette est variable suivant la vigueur relative de l'arbre et les variétés.

arboriculteurs, premier état de la production fruitière et qui n'est autre chose qu'une *rosette* (fig. 36), offrant une assez

grande analogie avec celles que j'ai étudiées chez les plantes herbacées (*).

Mais, chez le Poirier, il y a une différence fondamentale avec les plantes herbacées à rosette comme la Laitue ou la Vipérine : la phase de rosette apparaît *après* la ramification de la plante et se continue jusqu'à la mort de l'arbre, tandis qu'elle

Fig. 37. — Dard de Poirier à la 2^e année.

Le bourgeon est plus gros que dans le dard de 1^{re} année, mais il n'est pas encore complètement transformé en bourgeon à fruits. L'âge se reconnaît aux couronnes gemmaires.

L'organe a été représenté ici aux $\frac{2}{3}$ de la grandeur naturelle.

On remarquera que le nombre des feuilles de la rosette est plus élevé que dans les dards de 1^{re} année, mais ce n'est pas toujours le cas.

Tantôt la pousse de deuxième année dépasse en longueur celle de la première année, tantôt elle est égale ou plus courte suivant la vigueur de l'arbre et les conditions climatologiques des années où elle s'est développée.



apparaît chez les plantes herbacées au début du développement, *avant* la ramification et la fructification de la tige dressée. On ne saurait donc, ainsi qu'on le verra plus loin, trouver, dans les tiges ou racines du Poirier un bois de rosette entouré d'un bois de fructification comme chez les plantes herbacées précédemment étudiées.

Le dard peut, dès la 2^e année se transformer en lambourde. Mais le plus souvent il reste à l'état de dard de 2^e année (fig. 37).

(*) Ainsi il y a des arbres chez lesquels existe une rosette et des arbres chez lesquels cette rosette ne se forme pas, absolument comme il y a des plantes herbacées à rosette et d'autres montant directement à fleurs sans former préalablement de rosette.

La 3^e année, il fournit une courte pousse terminée par une

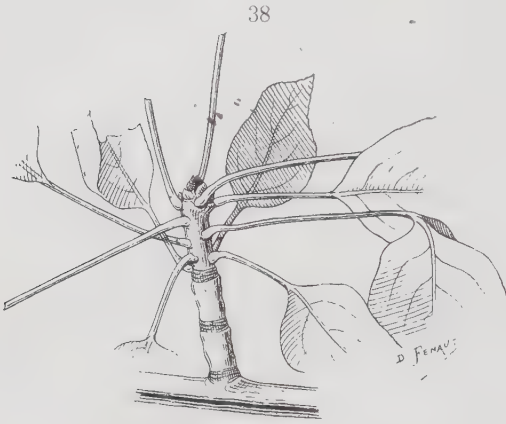


Fig. 38. — Lambourde de Poirier achevant la transformation de son bourgeon terminal en bourgeon à fruits.

L'organe est ici représenté aux $\frac{2}{3}$ de la grandeur naturelle.

On remarquera la disposition des feuilles supérieures qui forment une rosette au sommet pendant que les inférieures sont à entrenœuds courts mais bien distincts.

L'âge est nettement indiqué par les trois couronnes de cicatrices gemmaires.

rosette de feuilles de plus en plus nombreuses et rapprochées (fig. 38), et l'âge de cette pousse se reconnaît facilement par les couronnes gemmaires très nettes laissées par la chute des écailles du bourgeon terminal.

A la 3^e année ou à la 4^e, quelquefois à la n^{e} année, le bourgeon terminal est devenu un bourgeon à fruits qui donnera des fleurs et des fruits. Mais le mode de croissance de la branche fructière va être modifié par le fait même de la fructification (fig. 39). La croissance du corymbe est définie ; le bourgeon terminal épuisé cesse de pousser après avoir donné une bourse, en fournissant la fleur et le fruit et il meurt à l'automne. Un ou plusieurs bourgeons latéraux, dits réparateurs, ont pris sa place et donné les pousses destinées à la croissance et à l'entretien de la branche fructière. La croissance indéfinie a fait place à la croissance définie, à la petite branche sympodique, qui est une adaptation à une fonction nouvelle, la fonction de reproduction. La croissance sympodique caractérise la *branche fructière* des arboriculteurs.

Le même phénomène se reproduit à chaque fructification et l'on observe sur l'arbre des branches fructières de plus en plus nombreuses et dont la forme est variable soit qu'il y ait un

seul bourgeon réparateur se développant unilatéralement ou en alternance plus ou moins régulière, soit que deux ou plusieurs

39

Fig. 39. — Formation d'un sympode tigellaire au moment de la floraison et de la fructification d'une lambourde de Poirier.

Sur cette figure on voit deux anciennes bourses à disposition unilatérale, la dérivation s'effectuant du même côté; les cicatrices laissées par la chute de l'axe des anciennes inflorescences sont très distinctes.

Au-dessus de A B se trouve un fort rameau réparateur et l'axe de l'inflorescence de l'année.

Cette inflorescence était formée par un corymbe portant six fleurs; cinq ont donné des fruits et la sixième située dans le prolongement de l'axe, est tombée après floraison, laissant un court moignon en voie de résorption.

Chaque poire placée latéralement sur l'axe, est située à l'aiselle d'une feuille.

A B, niveau de la coupe faite dans les bourses dont la structure est décrite dans le texte.

En général, il y a plusieurs bourgeons réparateurs sur la bourse, au-dessus de A B.

Ils se développent inégalement le plus souvent, en donnant soit des dards, soit des lambourdes, plus ou moins courtes, destinées à fleurir l'année suivante, et qui continuent ainsi la branche fruitière.



bourgeons réparateurs déterminent une fausse dichotomie ou une polytomie plus ou moins nette (fig. 40).

Dans le sympode, le courant principal de répartition de l'aliment a fait place à un courant dérivatif latéral qui a de plus en plus pris d'importance au fur et à mesure que se réduisait l'appel de sève élaborée fait par la pousse directe fruitière.

En examinant avec soin le Poirier en pleine production, on s'aperçoit vite qu'il y a, pour ainsi dire, lutte entre la production du bois et la production du fruit. Suivant la météo-

logie des années, l'une peut prédominer sur l'autre. Il arrive qu'une branche fructifère peut, pendant plusieurs années, ne pas

40

Fig. 40. Branche fructifère du Poirier dont les feuilles ont été enlevées pour faire voir plus facilement la disposition régulière de certains sympodes se produisant tantôt d'un seul et même côté (sympode unilatéral) ou alternativement de chaque côté (sympode alternant).

De tels sympodes, parfaitement réguliers, sont relativement rares chez le Poirier et les autres Rosacées à pépins. Le plus souvent, les chicots ou cicatrices laissés par la chute plus ou moins complète de l'axe fructifère sont disposés d'une façon quelconque.

A B, niveau de la coupe de la branche formant sympode unilatéral ; C D, coupe de la branche formant sympode alternant ; E F, coupe au-dessous du point de jonction des deux branches A B et C D.



donner de fruits, puis en donner quelques années de suite. Il se forme ainsi des branches fructifères comprenant des pousses indéfinies alternant irrégulièrement avec des sympodes et que je désignerai sous le nom de *branches fructifères mixtes*.

À la longue les branches à bois finissent elles-mêmes par pousser de plus en plus lentement et elles se terminent alors par des productions fructifères. Cette transformation débute quand l'arbre a presque fini d'atteindre sa taille maxima. Les pousses, à ce moment, se transforment en branches mixtes, à croissance de plus en plus ralentie, où l'on peut trouver une succession régulière de sympodes, ou bien une alternance de portions à croissance définie et de parties sympodiques. Finalement toutes les branches à bois se terminent par des productions fructifères :

le Poirier décrépît et finit par mourir, épuisé par les fructifications successives auxquelles ne peuvent suffire les feuilles des rosettes qui ne sont plus aidées par les feuilles plus actives des pousses à bois.

Le Poirier que je viens de décrire correspond au type provenant de pépins d'une variété cultivée. Quelquefois on observe sur les jeunes plants des pousses plus ou moins courtes et terminées par une épine. Ces branches épinées, rares en somme dans les types cultivés, sont au contraire la règle dans l'espèce sauvage.

Elles sont de types assez différents suivant leur vigueur relative et leur longueur.

Elles peuvent être courtes, dépourvues de feuilles et ne

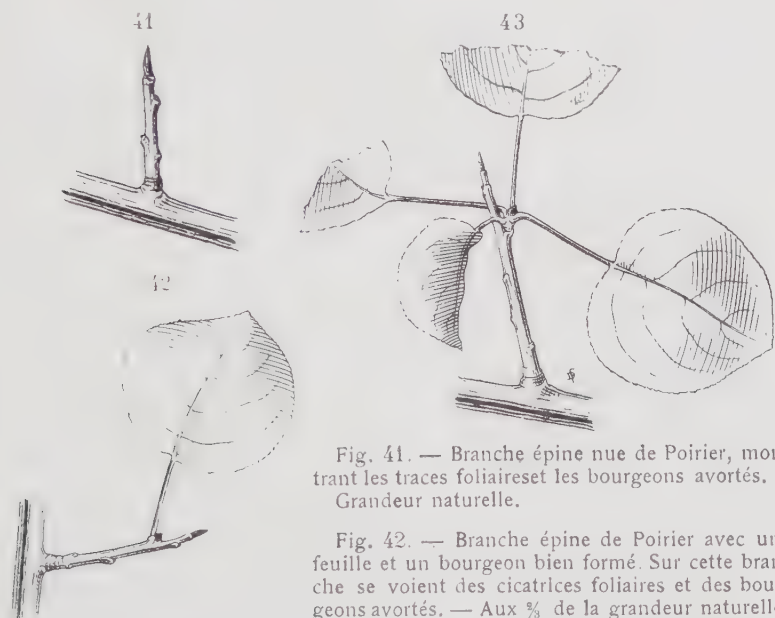


Fig. 41. — Branche épine nue de Poirier, montrant les traces foliaires et les bourgeons avortés. Grandeur naturelle.

Fig. 42. — Branche épine de Poirier avec une feuille et un bourgeon bien formé. Sur cette branche se voient des cicatrices foliaires et des bourgeons avortés. — Aux $\frac{2}{3}$ de la grandeur naturelle.

Fig. 43. — Branche épine de Poirier avec un dard de 1^{re} année à rosette de quatre feuilles. — Aux $\frac{2}{3}$ de la grandeur naturelle.

porter que des bourgeons avortés à des degrés divers (fig. 41), ou bien elles peuvent être assez longues et porter des feuilles à l'aisselle desquelles se trouvent des bourgeons ; ceux-ci peuvent

rester à l'état latent ou se développer en dards feuillés, quelquefois en lambourdes rudimentaires (fig. 42, 43, 44, 45.). L'épine termine la branche de la même manière dans tous les cas.

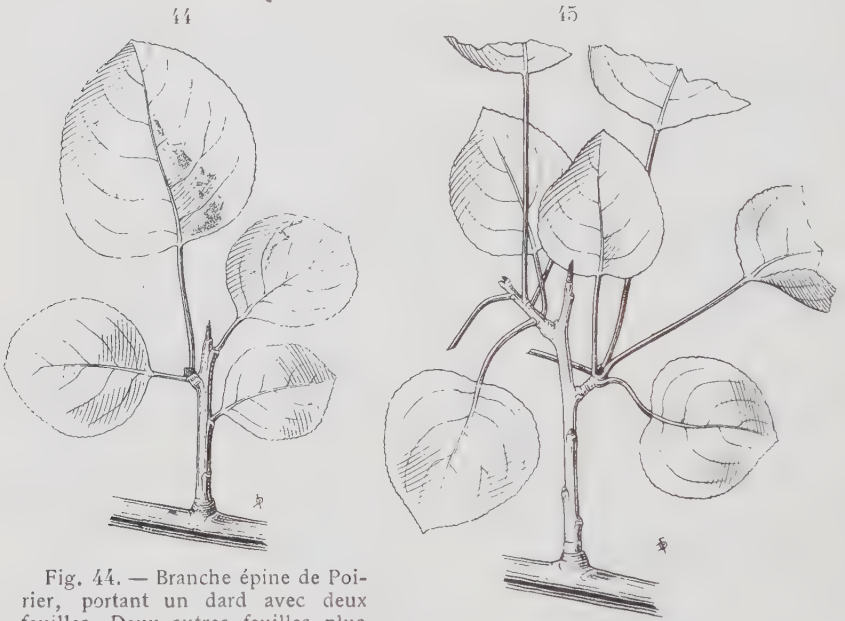


Fig. 44. — Branche épine de Poirier, portant un dard avec deux feuilles. Deux autres feuilles plus petites ont à leur aisselle des bourgeons avortés. — Aux $\frac{2}{3}$ de la grandeur naturelle.

Fig. 45. — Branche épine de Poirier portant deux dards bien feuillés et, au-dessous, des bourgeons latents ou avortés. — Aux $\frac{2}{3}$ de la grandeur naturelle.

L'épaisseur des branches épinées est très variable suivant les exemplaires provenant du semis des pépins des variétés de Poiriers cultivés, et même chez les sauvageons suivant qu'ils vivent en plein air ou dans les sous-bois.

En résumé, l'organographie nous montre, chez le Poirier, l'existence de six catégories de branches, non distinguées par les botanistes :

- 1° La branche longue à bois, de longue durée ;
- 2° La branche longue mixte, à bois et à fruits, de longue durée ;
- 3° Les petites branches à bois de courte durée ;

- 4° Les petites branches épine, à durée variable ;
- 5° Les petites branches exclusivement fruitières, à durée plus ou moins courte ;
- 6° Les petites branches mixtes, à durée assez longue.

On peut résumer, dans le tableau suivant, les caractères extérieurs des six catégories de branches qui se trouvent constituer la charpente d'un Poirier en pleine production fruitière :

1.	{	Pousses à croissance toujours indéfinie ou ne devenant que très tard à croissance définie. Entrenœuds longs au moins au début	2
		Pousses d'abord à croissance indéfinie et devenant d'assez bonne heure à croissance définie sympodique	3
2.	{	Branches épaisses durant aussi longtemps que l'arbre lui-même, devenant très tard sympodiques, lors de la décrépitude de l'arbre.....	<i>Branche à bois.</i>
		Branches minces de courte durée, mourant étouffées par les branches environnantes, à entrenœuds d'abord très longs puis courts, n'ayant jamais que des bourgeons à bois (Brindilles des horticulteurs, <i>pro parte</i>).	<i>Petite branche à bois de courte durée.</i>
3.	{	Entrenœuds d'abord allongés, puis courts	4
		Entrenœuds courts dès le début	5
4.	{	Rameaux épais, se terminant à la longue par des productions fruitières.....	<i>Branche longue mixte.</i>
		Rameaux minces, se terminant de bonne heure par une production fruitière (Brindilles des horticulteurs, <i>pro parte</i>).	<i>Petite branche mixte.</i>
5.	{	Toutes les pousses courtes.....	6
		Pousses alternativement courtes et longues.	<i>Petite branche mixte.</i>
6.	{	Rameaux épais terminés d'abord par une rosette, puis par un bourgeon à fruits.....	<i>Branche fruitière.</i>
		Rameaux minces terminés par une épine.....	<i>Branche épine.</i>

Tout l'art de l'arboriculteur consiste à établir un juste équilibre entre la pousse indéfinie et le sympode, à provoquer la formation de rosettes et de bourses dans le jeune âge de l'arbre et à ralentir cette production quand elle devient trop forte. Il y parvient à l'aide de procédés dont quelques-uns seront étudiés, au point de vue des résultats anatomiques, dans la seconde partie de ce travail.

Une étude organographique analogue à celle que je viens de faire chez le Poirier montre que les autres arbres possèdent des ramifications plus ou moins comparables aux précédentes et plus ou moins différenciées.

Ainsi le Pommier, le Sorbier, le Néflier et autres Rosacées à pépins ressemblent au Poirier quant à la nature des branches ; mais chez beaucoup d'autres arbres, la variété des productions est moins considérable.

Le sympode, avec formation d'une bourse, n'existe guère que chez les Magnolias ; la branche épineuse se trouve dans des plantes de familles éloignées qui seront étudiées plus loin ; les branches longues, les branches courtes et les diverses catégories de branches longues sont surtout très distinctes chez diverses Amentacées (Hêtre, Châtaignier, Noyer, etc.), chez les Acérinées (*Acer* divers), le Frêne, le *Gleditschia triacanthos*, les Marronniers, etc.

Des branches courtes et des branches longues se trouvent aussi chez quelques Conifères : Cèdre, *Gingko biloba*, etc.

On conçoit qu'aux différences morphologiques externes existant entre les catégories de branches qui viennent d'être indiquées correspondent des variations dans la structure interne, et dans le fonctionnement du cambium et du phellogène. Ce sont ces différences que je vais successivement exposer chez divers arbres appartenant à des familles éloignées.

Le Poirier présentant la morphologie externe la plus compliquée, c'est par lui que je commencerai les descriptions anatomiques.

II. — Structure anatomique des diverses ramifications du Poirier

Je vais étudier successivement la structure des six catégories de branches que j'ai précédemment indiquées, en indiquant les différences qu'elles présentent la première année de leur développement et au bout d'un certain nombre d'années. Quelques-unes de ces productions ont déjà été étudiées par Lucien Daniel (56) et ensuite par Goumy (66).

A) BRANCHES DE PREMIÈRE ANNÉE

1. BRANCHES A CROISSANCE TRÈS LONGTEMPS INDÉFINIE OU BRANCHES A BOIS.

Les branches longues à bois comprennent la *flèche* des arboriculteurs, autrement dit le prolongement de l'axe principal, et les rameaux de prolongement des branches charpentières ou de leurs principales divisions (fig. 35).

La flèche est verticale et, sensiblement du moins, éclairée d'une façon uniforme sur toutes ses faces par le fait de la rotation diurne de la terre. En outre, la quantité de sève qui lui est distribuée est, en raison même de la situation verticale, plus considérable que dans toute autre pousse du Poirier. Les feuilles qu'elle porte fonctionnent aussi avec le maximum d'énergie.

Pour ces raisons, les tissus ligneux sont très développés. La symétrie de la coupe est sensiblement axiale, quoique, dans certains cas, il y ait tendance à la formation d'un dos et d'un ventre, c'est-à-dire d'une structure bilatérale.

Chez des Poiriers greffés sur Cognassier, de vigueur normale, j'ai mesuré les coupes transversales de la flèche, effectuées vers la base du rameau d'un an. J'ai trouvé, en moyenne, un diamètre de 10 millimètres. Le bois occupait sensiblement la

moitié de la coupe, c'est-à-dire équivalait à la moelle et à l'écorce réunies. Le bois de printemps est en général plus développé que le bois d'automne.

Moelle et écorce étant sensiblement égales, on peut dire que, en moyenne, le bois est le double de l'écorce.

Le liber est formé de liber mou et de liber dur. Ce dernier est disposé en îlots fibreux distincts. L'épaisseur du tissu libérien est égale, toujours en moyenne, au tiers environ de l'écorce.

La moelle est formée de cellules à membranes ponctuées caractéristiques. Sur ses bords, on y trouve des pointements primaires plus ou moins distincts entourés de parenchyme péri-médullaire.

Les parenchymes contiennent des réserves d'amidon abondantes pendant l'hiver, ce qui est un phénomène général chez tous les arbres. Mais les proportions de cette substance varient suivant les tissus. Elle est surtout abondante dans la moelle, et elle va progressivement en diminuant de l'intérieur vers l'extérieur. Abondant dans les rayons médullaires, l'amidon est en quantité moindre dans le liber et l'écorce.

Les cristaux d'oxalate de chaux sont nombreux dans la moelle, le liber et l'écorce, mais ils sont de taille inégale dans les trois régions. C'est le liber qui possède les plus petits et les plus nombreux.

Dans les rameaux de prolongement des branches charpentières et dans ceux des fortes ramifications latérales de ces branches, la structure devient légèrement différente. Incliné plus ou moins par rapport à la verticale, ces rameaux sont plus éclairés à la face supérieure et reçoivent d'autant moins d'aliment que leur géotropisme négatif est moins marqué. Les branches voisines forment vis-à-vis d'elles un écran de valeur variable quant à l'incidence solaire.

Il résulte de là que l'épaisseur relative de la coupe est moindre et que la symétrie bilatérale est plus accusée que dans la flèche. Ainsi, en moyenne, la coupe n'atteint guère plus de huit millimètres ; dans la partie la plus épaisse le bois est presque double de celui de la partie mince ventrale. Les vaisseaux sont plus grands et plus nombreux du côté du dos ; l'aoûtement

est aussi meilleur, les réserves plus abondantes. Durcissement du bois et abondance des réserves vont de pair.

Les proportions relatives des tissus restent les mêmes que dans la flèche ; seules les dimensions de la coupe varient.

Les branches courtes à bois n'offrent, à la première année, avec les rameaux précédents, d'autres différences que la réduction des proportions des tissus et l'épaisseur totale plus faible. Il n'y a pas lieu de s'y arrêter.

2. BRANCHES A FRUITS

Considérons la brindille fructifère et le rameau à fruits de première année.

La brindille a une structure déjà bien différente de la branche à bois, bien qu'elle soit en quelque sorte intermédiaire entre les structures de la branche à bois et de la branche à fruits proprement dites.

Suivant son éclaircissement fort variable d'après sa situation sur l'arbre et ses relations avec les parties environnantes, la structure peut être à symétrie axiale ou à symétrie bilatérale.

Les proportions de la coupe varient de un à trois millimètres en moyenne. Le bois en occupe le huitième seulement ; le liber égale au moins les dimensions du bois et les dépasse souvent ; la moelle et l'écorce sont très développées et remplissent les trois quarts de la coupe.

Les réserves y sont très abondantes, vu le grand développement des tissus parenchymateux. Les cristaux d'oxalate y sont également très nombreux.

On peut remarquer que, dans cette forme de passage entre le rameau à bois et le rameau à fruits, la prédominance caractéristique du tissu ligneux dans les pousses à bois disparaît, mais ce tissu reste caractérisé comme précédemment.

Plus modifiées sont les productions fructifères de première année qui peuvent être de deux sortes : le *dard* et la *lambourde* d'un an. Le dard est la pousse courte portant rosette de feuilles mais non un bourgeon à fruits. La lambourde porte un bourgeon à fruits. Ces pousses n'offrent que peu de différences anatomi-

qués, car elles correspondent à des degrés plus ou moins élevés dans une même adaptation à la fonction de reproduction.

Leur épaisseur est fort variable. La coupe est souvent à symétrie bilatérale. Le bois primaire est fort net et plus développé que dans les rameaux précédents. Le bois secondaire, de dimensions faibles, est peu différencié et les vaisseaux sont peu nombreux. La lignification est peu marquée et souvent le parenchyme ligneux a des membranes minces ou peu épaissies, absorbant mal les colorants verts, de telle sorte que la coloration des bois par les réactifs s'effectue d'une façon très inégale.

Le liber est beaucoup plus développé. Le liber dur est réduit relativement et le liber mou occupe une étendue égale à celle de l'écorce. La moelle est volumineuse et présente des cellules plus ou moins lignifiées, presque à l'état de sclérites en certains cas. L'amidon est extrêmement abondant ainsi que les cristaux d'oxalate de chaux.

On remarque en outre, dans l'écorce, de nombreuses traces foliaires, ce qui provient du raccourcissement très prononcé des entrenœuds, amenant presque sur un même plan les bourgeons disposés en spirale.

Les principales différences qui distinguent anatomiquement la pousse à bois et la pousse à fruits de première année portent donc sur la valeur relative du bois, du liber et des parenchymes, ainsi que sur l'abondance des réserves. On peut les résumer ainsi :

- | | | |
|----|---|---|
| 1. | { | Stériome très développé. Bois prédominant par rapport aux parenchymes. Bois de printemps et bois d'automne très longtemps distincts. Pas de traces foliaires dans les coupes des entrenœuds. Moelle à membranes ponctuées. Cristaux d'oxalate et grains d'amidon assez abondants. . . . |
| | | <i>Branche à bois.</i> |
| 2. | { | Stériome moins développé. Parenchymes prédominants par rapport aux tissus ligneux. Bois plus mou dans lequel le bois de printemps et le bois d'automne sont moins distincts et finissent par se confondre d'assez bonne heure. Traces foliaires dans l'écorce, à cause de la réduction des entrenœuds. Parenchyme médullaire mince ou scléreux à des degrés divers. Cristaux d'oxalate et grains d'amidon très abondants. |
| | | <i>Branche à fruits.</i> |

B) *BRANCHES AGÉES DE PLUSIEURS ANNÉES*

J'examinerai successivement le tronc et les six catégories de branches qu'il porte à l'état adulte et ce qui se passe au moment de l'extrême vieillesse, de la décrépitude sénile complète.

I. TRONC.

Le tronc s'accroît chaque année en épaisseur d'une couche concentrique ligneuse. Parfois cette couche est également épaisse sur tout son pourtour, mais le plus souvent elle est d'épaisseur variable et présente un dos et un ventre plus ou moins prononcés. Cela tient à ce que les racines et les branches n'exercent pas toutes un même appel de matières et n'ont pas les mêmes capacités fonctionnelles. A une grosse branche et à une grosse racine bien situées par rapport à l'exercice de l'aliment correspondent des bois plus épais et plus développés.

La symétrie, dans ces conditions, n'est pas rigoureusement axiale. Et il peut arriver que les dos et les ventres soient de même sens, si la cause originelle de la dorsiventralité continue à s'exercer de la même manière, ou bien qu'ils soient de sens contraire ou de sens quelconque si cette cause subit des fluctuations au cours des années.

Au moment de la décrépitude finale, les couches concentriques qui se forment sont de plus en plus minces et la distinction entre le bois de printemps et le bois d'automne ne se fait plus. Il y a donc impossibilité de compter le nombre des couches concentriques formées à ce moment, et l'âge véritable de la plante, même ayant vécu dans les conditions les plus normales, n'est alors plus déterminable par le nombre des couches ligneuses concentriques que l'on compte sur la section transversale du tronc.

Il peut arriver même lorsque l'arbre ne pousse plus du tout à bois, que l'accroissement en épaisseur n'ait lieu qu'au voisinage des feuilles. L'emboîtement des cônes ne s'effectue plus comme dans la période de jeunesse et à l'âge adulte.

C'est là un fait important, non signalé, et qui est en opposition avec l'opinion de la persistance de l'accroissement indéfini en épaisseur (de Candolle).

Si, à la période de sénilité complète, le tronc s'accroît plus ou moins en épaisseur, c'est qu'il s'est développé sur lui accidentellement une pousse adventive à bois, redonnant à l'arbre un peu de vitalité. Dans le cas de décrépitude progressive régulière, cela n'a pas lieu.

2. BRANCHES.

a) *Branche longue à bois*. — La branche longue à bois présente une structure beaucoup plus tourmentée que le tronc et aboutit à une dorsiventralité toujours plus marquée. Cela tient à l'éclairement et à la façon dont les ramifications se développent sur elle. On conçoit facilement que la répartition de la lumière et les dispositions des rameaux varient singulièrement suivant les années et quelquefois au cours d'une même année. Aussi les dos et les ventres, dans les couches concentriques ligneuses, sont-ils le plus souvent assez discordants.

Cependant on rencontre aussi des branches chez lesquelles les dos et les ventres sont en général concordants chaque année.

D'une façon générale, les branches longues à bois présentent pendant très longtemps autant de couches concentriques ligneuses qu'elles ont vécu d'années, dans les conditions de leur vie normale. A partir d'un âge variable, mais avancé chez le Poirier franc de pied, les zones de bois de printemps et de bois d'automne ne sont plus distinctes et l'âge ne peut plus se déterminer par l'examen de leur coupe transversale. La branche longue à bois passe à la branche longue mixte et fructifie à son extrémité.

Dans ces branches, comme dans le tronc, les bois sont très développés et les parenchymes de plus en plus réduits proportionnellement. Ceux-ci, l'hiver, sont très riches en réserves, mais on peut remarquer qu'elles sont en quantité beaucoup plus faible après une bonne récolte de fruits qu'après une ou plusieurs années de non production. Les cristaux d'oxalate de chaux sont assez abondants.

Les bois du Poirier, d'abord blancs, deviennent à la longue colorés et l'aubier se transforme en duramen. Ce duramen va en progressant du centre à la périphérie et sur les branches âgées, il finit par occuper toute la partie ligneuse, et l'aubier disparaît.

Il peut arriver exceptionnellement pour le tronc et les branches charpentières, que, au cours d'une même année, il y ait eu des à-coups de végétation, causés par des alternances de sécheresse et d'humidité. On y trouve alors les cercles supplémentaires signalés par divers auteurs. Ils sont analogues à ceux du Hêtre (fig. 3, pl. III).

Tant que la branche longue, poussant à bois, la croissance indéfinie, l'emboîtement des cônes sont la règle, c'est-à-dire que la sève élaborée se répartit dans tout le végétal pour y former une couche concentrique visible. Mais la formation de sympodes fait plus ou moins vite cesser cet emboîtement comme pour le tronc.

b) *Petites branches à bois de courte durée.* — Il arrive parfois que sur des branches longues vigoureuses, on trouve des ramifications latérales, d'abord très bien éclairées, puis qui se trouvent plus ou moins placées à l'ombre par le développement ultérieur de la ramification et du feuillage. Il résulte de cette situation défectueuse que la nutrition de ces branches se ralentit de plus en plus, que leurs pousses sont de plus en plus réduites et finalement s'arrêtent. Plus tard, elles se dessèchent à la pointe et la dessiccation s'étend de plus en plus jusqu'à la base. Plus tard, ces branches tombent et disparaissent avec l'âge ainsi que la cicatrice laissée sur la tige par leur chute.

Ces branches ont une structure facile à expliquer et à prévoir. La moelle est entourée par une première couche assez épaisse de bois de printemps et de bois d'automne ; les couches suivantes sont plus faibles et proportionnelles à la vigueur de la pousse. Celle-ci s'arrêtant, la tige reçoit seulement la ration d'entretien, et désormais elle vieillit sans que l'accroissement en épaisseur soit sensible sur la coupe transversale. Une petite branche à bois de cette nature peut avoir six ou sept ans par

exemple et ne présenter que trois couches au plus en coupe transversale.

Naturellement le duramen ne s'y trouve pas, vu la courte durée de la vie active de la branche ; l'emboîtement des cônes cesse de bonne heure, car la sève élaborée par les feuilles est en quantité trop faible pour arriver jusqu'à la base de l'organe. C'est là un fait intéressant qui se retrouve, plus ou moins prononcé, dans les branches longues mixtes, dans les branches à fruits et dans les branches épineuses.

c) *Branches longues mixtes*. — La branche longue mixte ne diffère de la branche longue à bois qu'à partir du moment où ses pousses se ralentissent considérablement et où les cicatrices gemmaires sont très rapprochées. A ce moment d'ailleurs il arrive fréquemment que la branche longue fructifie à son extrémité et qu'elle donne un sympode. Cette branche établit ainsi le passage entre la pousse à bois et la pousse fructifère, d'où le nom de branche mixte que je lui ai donné.

La structure devient alors très différente de ce qu'elle était auparavant. Le bois de printemps et le bois d'automne deviennent de plus en plus indistincts et à partir d'un certain moment, on ne peut plus compter les couches concentriques ligneuses.

Quand la branche longue mixte est formée de deux parties successives distinctes, la structure est d'abord celle de la branche à bois, puis elle devient celle de la branche à fruits. Mais ce n'est pas toujours le cas. Il peut se faire qu'une branche mixte, après une pousse à bois plus ou moins longue, donne des pousses à fruits et des pousses à bois de plus ou moins longue durée. Dans ce cas, il y a des alternances de couches concentriques ligneuses nettes et de couches concentriques indistinctes. Les modifications correspondantes dans les réserves et la nature ou le nombre des cristaux d'oxalate de chaux s'y retrouvent ainsi que la présence ou l'absence d'emboîtement des cônes. Cela va de soi, et il n'y a pas besoin d'insister.

d) *Petites branches épineuses*. — Ces petites branches ont une structure spéciale qui a été étudiée, mais à la première année

d'existence seulement, par divers auteurs, en particulier par Lhôtelier (67).

Le système vasculaire y est très réduit ainsi que tous les parenchymes ; les fibres y prédominent au contraire et les parenchymes ont en général des membranes à parois fortement épaissies et lignifiées.

Il était intéressant de rechercher si, avec l'âge, les tiges épineuses présentaient des couches concentriques ligneuses distinctes comme les tiges ordinaires.

J'ai constaté par l'examen d'un grand nombre de ces productions que la formation de couches concentriques ou simplement d'arcs ou bois en faucille coïncidait avec la présence de pousses feuillées plus ou moins développées sur la tige épine (fig. 42, 43, 44, 45). Ces pousses suffisaient, dans la grande majorité des cas, à donner quelques vaisseaux tranchant sur l'ensemble du tissu fibreux et rendant distincte leur séparation au moment de la pousse, comme cela se passe pour la plupart des tiges épineuses chez les Rosacées (fig. 1, 2, 3 et 4, pl. XXVI) et chez des plantes diverses (fig. 1 et 2, pl. XXVII) qui seront décrites plus loin.

Chez les tiges épineuses ne présentant pas de feuilles (fig. 41), il y a simplement entretien de l'organe et la structure y est alors absolument uniforme.

c) *Petites branches exclusivement fruitières et de durée plus ou moins courte.* — Pour comprendre la structure compliquée de la branche fruitière, il faut en suivre avec soin le développement et la différenciation anatomique correspondante.

À la première année, comme je l'ai déjà dit, la jeune branche fruitière ou dard est formée d'entrenœuds courts et se termine par une rosette de feuilles. En coupe transversale, les parenchymes commencent déjà à prédominer par rapport aux tissus conducteurs et aux tissus de soutien. Cela s'explique par la diminution de l'appel de nutrition, par la situation solidement assise de cette pousse sur la branche charpentière et par son poids faible.

Les bois sont rayonnants, disposés souvent en files, à vais-

sceaux étroits et peu lignifiés par rapport aux autres branches ; les libers augmentent et les fibres en paquets diminuent. Les réserves amylacées sont abondantes dans les parenchymes. Les faisceaux libéroligneux se rendant dans les feuilles et les bourgeons sont d'autant plus nombreux que les spires se rapprochent et que les entrenœuds deviennent plus courts. Les cristaux d'oxalate de chaux abondent et c'est là un caractère de la production fruitière qui se trouve non seulement dans le Poirier, mais chez beaucoup d'autres plantes.

Lorsque le dard est transformé en production florale ou bourgeon à fruits, la branche, toujours courte, est formée le plus souvent de trois parties superposées de un, deux et trois ans. La coupe transversale dans les régions âgées de deux et trois ans montre toujours avec une suffisante netteté deux ou trois couches concentriques ligneuses, car le bois de printemps et le bois d'automne sont encore assez distincts, bien qu'infiniment moins nets que dans les branches à bois. Ces parties conservent les caractères décrits dans la structure du dard de première année.

L'augmentation du liber et des parenchymes et la réduction du tissu ligneux s'expliquent facilement, ainsi que l'abondance des réserves, par les besoins spéciaux de la production fruitière. Le fruit est un organe purement transitoire destiné à disparaître à l'automne avec l'inflorescence ; le développement doit se faire pour la floraison au moment où les feuilles nouvelles ne sont pas formées ou commencent à se former. Il faut donc des réserves abondantes facilement transformables en aliments assimilables par les diastases. L'élaboration des feuilles de la pousse à fruits est faible et le fruit tire surtout sa nourriture des parties feuillées à bois ; ayant peu de besoins en sève brute, mais au contraire de grands besoins en sève élaborée, il réduit le système conducteur ligneux en développant le système libérien et les tissus de réserve.

Lorsque le fruit est formé, le bourgeon terminal cesse sa croissance par formation d'un sympode avec un ou plusieurs rameaux réparateurs. Un organe particulier, la bourse, s'est en même temps formé (fig. 39 et 40). Sa structure est des plus

variées et des plus intéressantes au point de vue de l'anatomie physiologique.

Si l'on examine par exemple une bourse supportant un fruit et pourvu de deux bourgeons réparateurs inégaux comme capacités fonctionnelles, et que l'on fasse passer une coupe transversale au-dessous du bourgeon réparateur le plus bas placé, on trouve :

1° Au centre du parenchyme, dans lequel se développent des sclérites ou du parenchyme scléreux en îlots isolés qui peuvent se réunir ;

2° Du bois très mou, prenant à peine le vert d'iode, et correspondant au système conducteur se rendant dans la partie fructifère ; ce bois est formé de vaisseaux en file disposés dans du parenchyme à parois très minces ;

3° Des îlots de bois plus développés prenant les colorants verts, avec files de vaisseaux bien lignifiés, accompagnés de fibres et rappelant les bois décrits dans la pousse fructière de première année. Ces îlots sont développés proportionnellement à la valeur de l'appel exercé par chaque bourgeon réparateur.

Ce fractionnement des bois n'existe plus quand le ou les

46

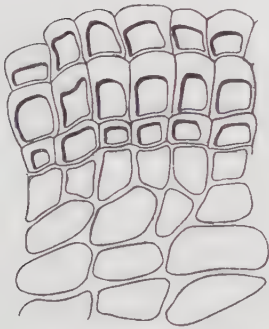


Fig. 46. — Une toute petite portion du liège des branches à fruits de Pommier avec les épaississements inégaux des membranes suivant les faces.

47

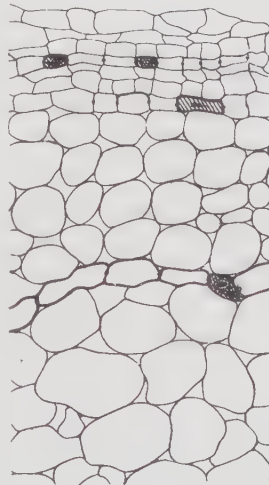


Fig. 47. — Portion du liège de la tige chez l'*Alphaea arvensis*.

Les cellules ombrées, isolées le plus souvent, correspondent au liège dur, présentant des phlobaphènes. Les cellules dont les membranes sont représentées par un trait plus gros correspondent à celles qui se colorent plus ou moins fortement sous l'influence des réactifs habituels du liège. Toutes les autres cellules sont à membranes minces.

48

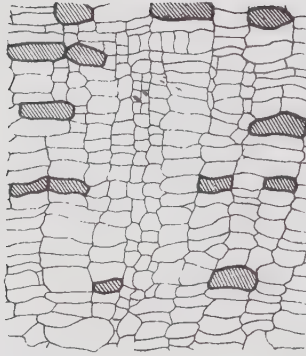


Fig. 48. — Portion du liège de la tige rampante chez le *Potentilla Fragariastrum*.

49

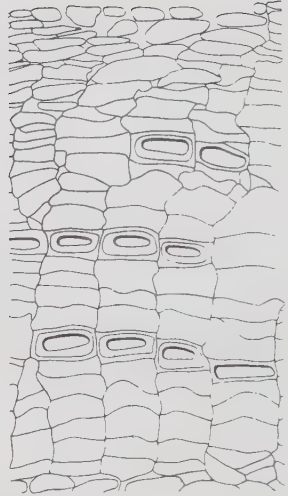


Fig. 49. — Portion du liège de la tige chez le *Senecio scandens* (fig. 4, pl. VI).

bourgeons réparateurs exercent un appel suffisant pour donner une production ligneuse. La coupe possède alors un anneau ligneux complet, au lieu de bois d'apparence fractionnée ;

4° Un liber très étendu, avec liber dur très réduit ;

5° D'abondants cristaux en oursin de taille variable sui-

50

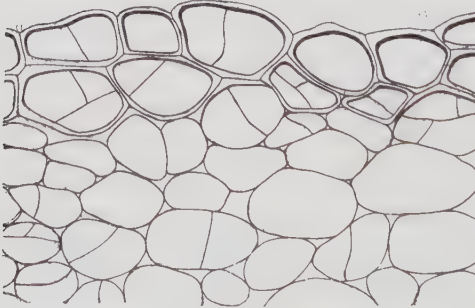


Fig. 50. — Portion du liège du rhizome âgé chez le *Cirsium acaule*, pris sur la coupe représentée par la figure 3 de la planche XIV.

Les cellules se divisent en tout sens, depuis la partie extérieure jusque dans des portions assez profondes.

On remarquera que cette disposition ne rappelle en rien la forme stratifiée des cellules subéreuses, placées en séries radiales et tangentielles.

vant qu'ils se trouvent dans les parenchymes médullaire ou cortical ou bien dans le liber ;

6° Un liège spécial de Rosacée à pépins très prononcé

(fig. 46), caractérisé par la transformation totale en liège dur des assises plissées et même du liège mou. En cela il diffère du liège des Rosacées herbacées comme *Aphanes arvensis* (fig. 47) et *Potentilla Fragariastrum* (fig. 48). S'il est toujours disposé en couches superposées, comme chez diverses plantes grasses à couches d'une seule sorte ou à couches stratifiées, comme chez le *Senecio scandens* (fig. 49), jamais il ne présente la forme que l'on rencontre chez le *Cirsium acaule* (fig. 50) où les cellules de l'assise subérophellodermique se divisent en tous sens, par un mode de fonctionnement très particulier, que je n'ai jusqu'ici rencontré que chez cette plante (*).

Les proportions des tissus sont très différentes de celles de la branche à bois. Si l'on représente la moelle par 1, le bois est représenté par 1/9, le liber par 1/6 et l'écorce par 1/8. *La prédominance des parenchymes y est complète*, au moins pendant la période où elle joue un rôle dans la fonction de reproduction.

Il va de soi que les chiffres ci-dessus, relatifs aux proportions des tissus, correspondent à des moyennes et n'ont rien d'absolu.

La bourse, chez le Poirier, est donc un organe très remarquable par ses adaptations spéciales; en dehors de la réduction des tissus de soutien, on y trouve, comme chez les rhizomes, des tissus de réserve abondants où s'accumulent les réserves transitoires qui serviront au fruit et à la graine jusqu'à leur maturité et des tissus protecteurs très développés; une variation des tissus de soutien qui, au fur et à mesure que le fruit grossit et augmente de poids, augmentent aussi et passent du parenchyme de plus en plus scléreux aux sclérites; une formation abondante de cristaux, tenant à la grande acidité du fruit, qui est neutralisée par la chaux; une adaptation à la durée des organes, la partie alimentant le fruit restant à l'état de bois mou, tandis que la partie se rendant dans le bourgeon réparateur qui formera

(*) L'étude du développement de ces lièges et du phelloderme mériterait d'être faite en détail, en utilisant les réactifs spéciaux du tissu subéreux. Le temps m'a manqué pour la faire comme je l'aurais désiré.

le sympode est au contraire formée de bois plus dur en arc. Il peut y avoir plusieurs bourgeons, par conséquent plusieurs arcs de bois dur, égaux ou inégaux suivant la valeur de l'appel de chacun d'eux.

Ce sont si bien des bois physiologiques, résultant des fonctions particulières des organes que si la branche frutière se transforme en branche à bois, la bourse s'élimine en partie par formation d'un liège qui isole la partie fructifère, tandis que le reste reprend la structure normale de la branche à bois. A la longue, la région qui fut la bourse ne se distingue que par une asymétrie des tissus secondaires à ce niveau et par la forme des bois qui sont plus courts et plus cassants dans ce point.

En outre, c'est à la nature de ces bois courts et cassants qu'il faut attribuer la chute des fruits à pédoncule court, quand les fruits à pédoncule plus allongé, qui ont des bois plus élastiques, à vaisseaux plus longs, résistent beaucoup mieux à la torsion et à l'action mécanique du milieu extérieur (vents).

J'ai pu vérifier expérimentalement que ce stéréome à éléments courts (sclérites plus ou moins épais et ramifiés) augmente par la sécheresse et diminue par l'humidité. Ainsi se comprend l'action particulière de certains sujets rendant les fruits pierreux quand d'autres au contraire empêchent la production de ces formations, abstraction faite, bien entendu, du rôle joué à cet égard par les produits spéciaux échangés entre le sujet et le greffon.

Considérons maintenant la branche frutière âgée, qui s'est développée en donnant chaque année une bourse et par conséquent un sympode. Lorsque celui-ci est unilatéral A B (fig. 40), il se produit, comme dans tout sympode, une structure dorsiventrale qui s'étend à une distance variable de la dérivation latérale suivant la capacité fonctionnelle du rameau issu du bourgeon réparateur. Si celle-ci est faible, le bois formé chaque année est en faucille, mais la dorsiventralité reste naturellement de même sens (fig. 3, pl. XXIII).

Cette dorsiventralité est alternante si le sympode est lui-même alternant C D ; elle est disposée sans ordre si les rameaux réparateurs varient de place chaque année.

Lorsque les bourgeons réparateurs sont au nombre de deux

et donnent chacun une fausse dichotomie assez régulière, la symétrie reste sensiblement rayonnée (fig. 1, pl. XXIV).

Enfin, il peut se faire qu'à partir d'un certain point, une branche fruitière, primitivement à disposition unilatérale, devienne faussement dichotomique (fig. 40) par l'apparition d'un rameau réparateur diamétralement opposé au premier bourgeon réparateur. Dans ce cas E F, les couches ligneuses, à partir de ce moment, sont complètement circulaires et entourent les quelques couches de bois en faucille précédemment formées (fig. 4, pl. XXIII).

Dans toutes ces branches fruitières, les couches concentriques ligneuses sont plus ou moins visibles pendant un temps qui dépend de la vigueur des pousses annuelles, mais elles finissent par devenir de moins en moins nettes et elles ne correspondent presque jamais, au bout d'un nombre variable d'années, avec l'âge réel de l'organe. De plus, il est impossible de distinguer les arrêts de croissance provoqués par des à-coups de végétation des arrêts qui se produisent normalement à l'automne.

Enfin, il se passe dans ces branches fruitières un phénomène très intéressant, comme chez diverses plantes herbacées que j'ai précédemment étudiées : la sève élaborée est en quantité faible et ne descend plus jusqu'à la base de la pousse pour y former un épaississement sensiblement égal à celui du sommet comme cela se passe dans les branches à bois.

Il résulte de là que, dans ces organes faibles, l'emboîtement des cônes n'existe que pendant une période plus ou moins courte et que au-delà de cette période, l'épaississement cesse sur les parties anciennes. Cela permet de comprendre le fait que les petites pousses sont cylindriques et souvent plus ou moins irrégulières comme épaisseur au lieu d'être coniques comme les branches longues et les troncs venus dans les conditions normales.

Comme cela se passe dans la plupart des arbres avec l'âge, quoiqu'ils appartiennent à des familles très diverses, il s'agit encore ici de phénomènes de convergence très remarquables, qu'il était utile de faire ressortir.

Enfin le liège (fig. 46) est formé de cellules épaissies surtout

à la face supérieure comme dans les Rosacées à pépins et les couches les plus anciennes absorbant énergiquement le vert d'iode, mais non les couches jeunes qui sont fortement colorées en jaune.

Les parties externes du liège sont très souvent exfoliées chez la branche fructifère âgée, comme chez toutes les branches vieilles d'ailleurs.

f) *Petites branches mixtes, à durée assez longue.* — Connaissant la structure des branches longues à bois et des branches courtes fructifères, il est facile de comprendre la structure des petites branches mixtes, qui diffèrent des branches courtes fructifères par les alternances entre la pousse à fruits et la pousse à bois, autrement dit entre la croissance définie et la croissance indéfinie. Si les pousses à bois sont des petites branches, les bois formés par elles ne diffèrent pas des bois que formeraient les pousses fructifères sympodiques ; mais si les pousses à bois ont une vigueur assez grande, on peut trouver alors des formations ligneuses étendues et bien distinctes.

La production de branches courtes mixtes et le passage de la branche fructifère à la branche à bois et vice-versa se produisent dans la nature sous l'influence des variations climatologiques favorisant la fructification ou la supprimant. Artificiellement l'arboriculteur arrive aux mêmes résultats par certains procédés bien connus (taille, suppression des fruits, etc.).

En résumé, l'étude anatomique des diverses parties de l'appareil végétatif aérien du Poirier suivant leur âge et leurs fonctions fournit un des plus beaux exemples qu'on puisse trouver de corrélation entre les morphologies externe et interne chez les végétaux, et permet de tirer les conclusions suivantes :

1° La valeur du bois secondaire d'un organe donné est proportionnelle au nombre des bourgeons et des pousses feuillées qu'il porte et à leurs capacités fonctionnelles relatives. Deux rameaux ou deux branches ayant, l'un N organes feuillés, l'autre n de ces mêmes organes de capacités fonctionnelles semblables auront des bois différents B et b . Si N est plus grand que n , B sera plus grand que b .

2° L'épaisseur relative des bois de deux organes semblables comme bourgeons et feuilles dépend, toutes conditions égales d'ailleurs, de leur distance au collet de la plante et de leur direction par rapport à la verticale. Plus l'organe se rapproche de celle-ci, plus les bois sont développés.

3° Quand il y a, sur les faces d'un rameau ou d'une branche, répartition différente des organes feuillés ou quand ceux-ci ont des valeurs inégales, le bois devient dorsiventral au lieu de conserver la symétrie axiale. Le dos correspond à la région la mieux alimentée, c'est-à-dire à celle dont la capacité fonctionnelle est la plus élevée.

4° La réduction de la valeur fonctionnelle d'un organe feuillé a pour corollaire la réduction des bois secondaires au profit des parenchymes. Cette réduction est maxima dans la pousse fructifère où la moelle et le liber mou sont très prédominants et dans la bourse surtout où le bois, peu lignifié, se fractionne en îlots dont la valeur correspond à la capacité fonctionnelle des rameaux réparateurs qui la nourrissent ainsi que le fruit. Cette transformation dans les tissus est accompagnée de l'augmentation des réserves.

5° Le passage de la production ligneuse à la production fructifère et vice-versa est l'un des principaux buts de l'arboriculture. Connaissant ce qui se passe dans un Poirier normal, il est facile d'obtenir artificiellement du bois ou du fruit en utilisant les agents extérieurs qui augmentent ou réduisent les capacités fonctionnelles de la branche ou de la plante tout entière (56).

III. — Morphologie interne de quelques autres arbres à bourses fructifères ou à épines

Je vais rapidement examiner ici la structure de diverses branches chez certains arbres ou arbustes dont la morphologie

externe se rapproche de celle du Poirier (Pommier, Alisiers, *Crataegus*, *Mespilus*, etc.).

Considérons d'abord le Pommier. Il offre naturellement avec le Poirier une très grande analogie, tant comme morphologie interne que comme morphologie externe ; j'insisterai peu

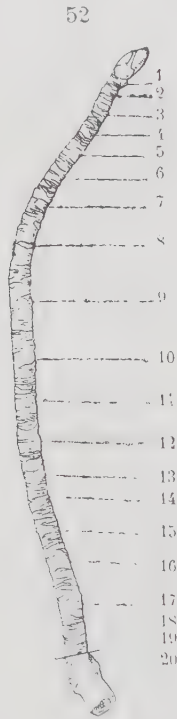
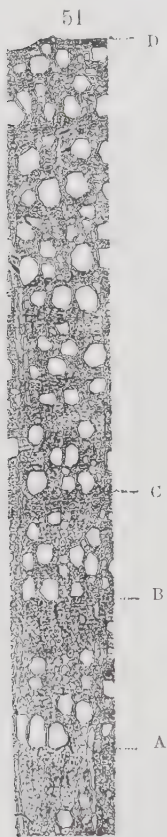


Fig. 51. — Coupe de la portion externe d'une branche âgée de Pommier ne portant plus que des pousses courtes. A, B et C, région où les bois de printemps et les bois d'automne sont encore distincts ; de C à D, les deux bois restent indistincts.

Fig. 52. — *Sorbus aria*, branches courtes de 20 ans, $\frac{1}{2}$ grandeur naturelle. Les chiffres indiquent l'âge des parties successives. Le trait correspond au niveau de la coupe.

Fig. 55. — *Sorbus torminalis*. Branche courte de 12 ans, grandeur naturelle. Les chiffres indiquent l'âge des parties successives. Le trait correspond au niveau de la coupe.

sur l'anatomie de ses divers organes pour cette raison. Il suffira de faire remarquer qu'il y a, chez cet arbre, des branches lon-

gues, des brindilles, des branches mixtes, des branches à bois de courte durée, des épines, des branches à fruits, avec bourses, le tout disposé de la même manière que chez le Poirier. La structure est la même, à part quelques légères différences de détail. Ainsi la branche charpentière âgée, qui ne porte plus que des branches fruitières, présente, au-dessus des zones annuelles distinctes A, B, C, une région C D à bois non zoné, formée pendant un nombre d'années impossible à déterminer (fig. 51).

La branche fruitière très âgée présente bien des couches concentriques minces, longtemps assez distinctes, mais il arrive un moment où ces couches se confondent et, en tout cas, où l'âge ne correspond plus avec leur nombre (fig. 1, pl. XXIII).

Dans le cas de branches fruitières peu vigoureuses, provenant d'arbres poussant lentement pour une raison quelconque, la distinction des couches annuelles cesse beaucoup plus vite d'être visible (fig. 3, pl. XXV).

Les coupes sont plus ou moins dorsiventrales, pour les mêmes raisons que dans le Poirier.

Dans le genre Alisier, j'ai surtout étudié les petites branches du *Sorbus aria* et du *Sorbus torminalis*.

Les branches courtes sont peu abondantes sur les arbres vigoureux ; elles sont beaucoup plus nombreuses sur les arbres gênés dans leur développement, en particulier chez les exemplaires venus dans les futaies.

Les branches courtes du *Sorbus aria* (fig. 52) sont constituées par une succession de pousses annuelles dont les longueurs varient de trois à seize millimètres environ, et dont le diamètre est relativement assez fort. Cette petite branche est en somme trapue et plus grosse que chez le Poirier sauvage ; elle rappelle la lambourde de certaines variétés de Poirier ou de Pommier cultivés, comme forme et disposition, tout en gardant des caractères particuliers qui permettent de la reconnaître. Les traces foliaires y sont longtemps visibles ainsi que les cicatrices gemmaires. Le bourgeon terminal est gros et renflé.

Une coupe (fig. 53) passant à la base d'une branche courte âgée de vingt ans, prise sur un arbre de la forêt de Rennes, présente un liège épais, une écorce bien développée formée de

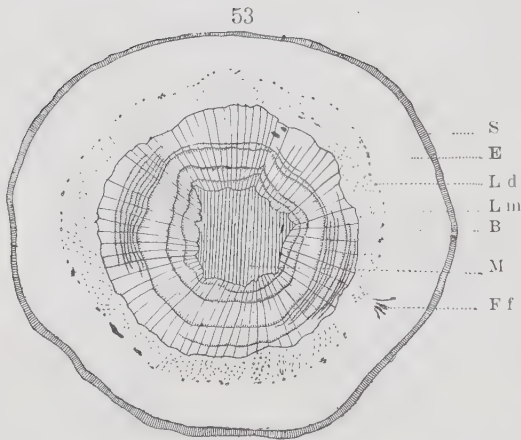


Fig. 53. — Coupe d'une branche courte de *Sorbus aria*, âgée de 19 ans. S., liège; E., écorce; L. d., liber dur; L. m., liber mou; B., bois secondaires; M., moelle; F. f., faisceau foliaire.

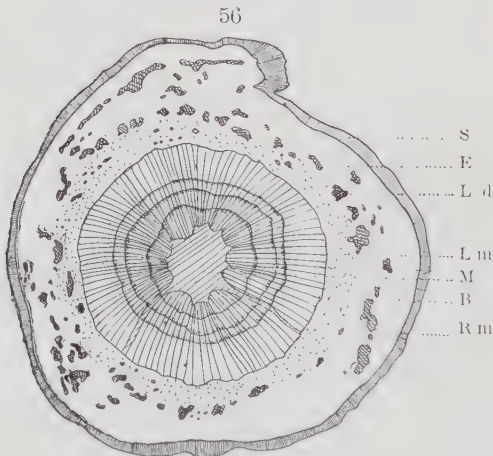


Fig. 56. — Coupe d'une branche courte de *Sorbus torminalis*, âgée de 12 ans. S., liège; E., écorce; L. d., liber dur; L. m., liber mou; M., moelle; B., bois secondaires; R. m., rayon médullaire large.

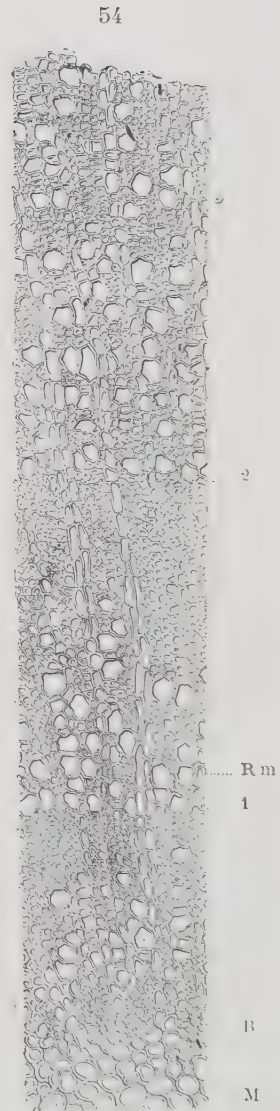


Fig. 54. — *Sorbus aria*. Bois d'une branche courte de 20 ans; grossissement 100. 1, limite des bois de 1^{re} année; 2, limite des bois de 2^e année. — Au-dessus de la seconde couche, les bois deviennent presque uniformes et les couches concentriques sont indistinctes. M., moelle; R. m., rayons médullaires.

cellules arrondies au milieu desquelles existent parfois des cellules scléreuses isolées ou groupées en petit nombre ; on y rencontre aussi de nombreux cristaux d'oxalate de chaux ; les fibres et cellules scléreuses péricycliques forment de petits îlots peu importants à la limite de l'écorce et du liber. Celui-ci est formé de nombreuses files radiales de tissu criblé séparées par des portions parenchymateuses issues des rayons médullaires. Les couches concentriques sont nettes jusqu'à la 4^e année seulement.

Le bois (fig. 54), dans une autre branche de 20 ans, présente des zones d'accroissement nettes pour les deux premières années seulement. Dans les années suivantes, les vaisseaux ne forment des couches annuelles distinctes qu'en certaines portions de la coupe. Mais déjà le nombre de ces couches ne correspond plus à l'âge de la branche ; il lui est toujours inférieur. Le plus souvent, les vaisseaux sont disposés sans ordre au milieu des fibres.

Les rayons médullaires sont nombreux et de taille inégale. Les plus minces, formés d'une ou deux rangées de cellules, sont prédominants.

Le nombre des couches concentriques ligneuses bien distinctes est variable suivant la vigueur relative des branches courtes. Il peut être très réduit et même la couche de première année peut rester seule distincte (fig. 3, pl. XXIV).

Des observations de même genre peuvent être faites sur les branches mixtes de même âge. Naturellement, les couches concentriques y restent plus longtemps distinctes ; elles vont en diminuant d'épaisseur avec l'âge et finissent par se confondre entre elles au voisinage de la couche génératrice cambiale (fig. 2, pl. XXV).

Le *Sorbus torminalis* porte en général des branches courtes plus trapues que le *Sorbus aria*. Leurs pousses annuelles sont de faible longueur ; elles portent des traces foliaires très apparentes et des cicatrices gemmaires bien marquées. Le bourgeon terminal est court et renflé (fig. 55).

Sur la coupe faite à la base d'une branche courte de 12 ans (fig. 56), on voit un liège bien développé, un parenchyme cortical contenant de nombreux paquets de cellules scléreuses, un liber

dur formé de petits îlots d'éléments sclérifiés, un liber mou comprenant des éléments fortement serrés les uns contre les

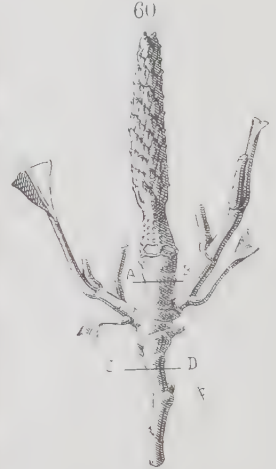
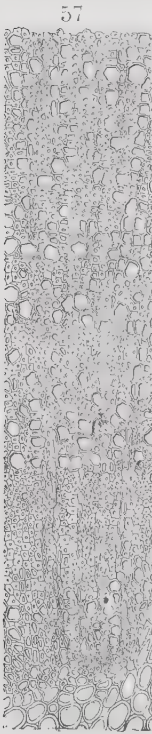


Fig. 57. — *Sorbus torminalis*. Bois d'une branche courte de 12 ans 1 et 2, couches annuelles visibles. Au delà le bois devient sensiblement uniforme. B. p., bois primaire; M., moelle scléreuse. Grossissement 100.

Fig. 58. — *Rhamnus insectorius*. Portion de la coupe d'une épine montrant les fibres dures et les sclérites remplaçant les vaisseaux à partir du moment où l'épine se forme et arrête la croissance du bourgeon terminal.

Fig. 60. — Fleur de *Magnolia Yulan* après la chute du péricarpe et des étamines. Les feuilles ont été coupées à la base du limbe pour faire voir plus facilement la disposition faussement dichotomique des pousses latérales du sympode en voie de formation

A B et C D, niveaux des coupes. La coupe A B passe dans la région située à la base de la fleur, dans laquelle on trouve une villosité très prononcée. Au-dessus, on voit nettement les traces laissées par la chute des pièces florales (péricarpe et étamines).

Les fruits sont disposés en spirale et sont portés par un réceptacle très allongé. Toute cette région est annuelle.

La coupe C D passe au dessous des rameaux réparateurs; dans la région presque dépourvue de poils à ce moment. Cette partie est vivace et forme des sympodes le plus souvent ramifiés en fausse dichotomie, assez régulière. Quelquefois les sympodes sont unilatéraux, mais très rarement alternants.

autres. Le bois, très régulier, est formé de vaisseaux de faible diamètre, peu nombreux, entourés de fibres régulièrement dis-

posées. Les deux premières régions d'accroissements 1 et 2 annuels sont très régulières et comprennent sur la zone externe de chacune d'elles une épaisseur assez grande de fibres. Les couches annuelles suivantes sont peu nettes. Le bois est parcouru par de nombreux rayons médullaires étroits. La moelle M est lignifiée (fig. 57) ; le bois primaire B. p. est distinct par son absorption plus forte des colorants verts.

Chez les branches longues des *Sorbus*, les couches annuelles sont peu épaisses, mais très nettement distinctes jusqu'au moment où, l'arbre vieillissant beaucoup, ses branches principales passent à l'état de branches mixtes.

Le Néflier, dont j'ai étudié aussi la branche frutière sympodique, présente des phénomènes analogues. Le liège est très différencié et sa structure est trop connue pour qu'il soit nécessaire de la décrire ici.

La bourse, dans les Rosacées à pépins, présente une structure presque uniforme, avec quelques variantes peu importantes suivant les espèces.

Les branches épineuses se rencontrent chez un certain nombre d'arbres de la famille des Rosacées ou d'arbustes d'autres familles. Leur structure varie suivant que la branche épineuse est ou non dépourvue de bourgeons et de feuilles.

Le premier cas se trouve, çà et là, dans le *Prunus spinosa*. La coupe de l'épine, à sa base, est alors formée d'un bois exclusivement fibreux, avec très nombreux rayons médullaires.

D'autres épineuses du *Prunus spinosa* portent de courts rameaux feuillés ou parfois florifères. Ces productions suffisent à amener la formation de bois nouveaux qui se déposent en arc plus ou moins large autour de l'anneau fibreux de l'année précédente (fig. 1, pl. XXVI). Si les ramifications sont unilatérales, la dorsiventralité est de même sens ; si elles sont de sens opposé, la dorsiventralité change de sens, comme par exemple dans le *Cydonia japonica* (fig. 4, pl. XXV).

Dans les Néfliers et les *Crataegus*, on peut trouver des structures analogues. Ainsi une épine de 15 ans, avec de courts rameaux, cueillie sur le Néflier de Bronvaux, avait une structure presque uniforme ; l'épaississement produit par les pousses très

faibles portées par l'épine était très minime et se distinguait à peine du bois de première année (fig. 2, pl. XXVI).

Dans d'autres épinées à pousses plus fortes et plus nombreuses, cueillies sur le *Crataegus oxyacantha* et âgées de huit ans, on trouvait des couches concentriques emboîtées les unes dans les autres ; les bois de printemps possédaient de larges vaisseaux comme dans les petites pousses et se distinguaient nettement des bois d'automne durs et serrés (fig. 3, pl. XXVI).

L'on comprend que le nombre et le développement des petites pousses feuillées sur les différentes épinées étant très variables, le nombre des couches concentriques et leur étendue sont eux-mêmes sujets à des fluctuations de même ordre.

Des observations plus ou moins analogues peuvent être faites chez les *Rhamnus* (fig. 58), les *Citrus trifoliata* (fig. 1, pl. XXVII), les *Colletia* (fig. 2, pl. XXVII), etc., qui portent des épinées longuement persistantes, à croissance en épaisseur très ralentie ou presque nulle.

On voit par ces exemples que je pourrais multiplier combien la convergence anatomique est grande chez les Rosacées et chez d'autres familles à tiges à piquants. L'adaptation à la fonction protectrice est suivie de formations anatomiques spéciales tout comme l'adaptation à la fructification, etc.

La formation d'un sympode avec une bourse frutière se rencontre encore dans les *Magnolia*. Les branches frutières du *Magnolia Yulan*, par exemple, se ramifient en sympode tantôt faussement dichotomique, tantôt, mais plus rarement, en sympode unilatéral ou alternant (fig. 59).

La fleur est curieuse par la disposition spiralée des verticilles floraux et les fruits sont disposés sur un long réceptacle.

Si l'on fait passer une coupe en C D (fig. 60), on trouve à ce niveau la structure habituelle d'un rameau âgé d'un an, c'est-à-dire que les bois secondaires forment un anneau avec des rayons médullaires, comme dans la généralité des arbres chez les Dicotylédones.

Si l'on fait passer une coupe en A B (fig. 60) dans le court pédoncule floral ou dans l'axe de la fleur, on remarque que, dans ces parties, les faisceaux libéroligneux sont disposés sur plu-

sieurs cercles comme dans les Monocotylédones. Ces faisceaux qui se rendent aux diverses pièces des quatre parties de la fleur sont extrêmement variables comme forme et grosseur ; souvent

59



Fig. 59. — Branche fructifère de *Magnolia Yulan* où l'on voit des symboles variés avec les pédoncules floraux, portant les fruits disposés en spirale sur un long réceptacle.

ils sont composés d'un nombre plus ou moins grand de faisceaux simples, soudés à des degrés divers.

On serait tenté de voir là une conséquence de la disposition allongée de l'axe floral et de la disposition spiralee des pièces

de la fleur. Cette structure ne se trouvant pas chez l'épi du Plantain, et d'autres plantes analogues, il faut voir dans cette structure un caractère spécifique et non un phénomène d'adaptation ou de convergence.

Mais la bourse, au contraire, offre comme structure anatomique, une grande analogie avec celle des Rosacées à pépins, en ce sens que l'on y trouve des sclérites, que le bois y est fractionné et qu'il y a des parties dures correspondant aux pousses ligneuses et des parties plus tendres se reliant aux fleurs.

Les branches fructifères âgées des *Magnolia* se rapprochent aussi comme structure des mêmes organes chez les Rosacées à pépins en ce sens que l'on ne peut en discerner l'âge par le nombre des couches concentriques, celles-ci devenant assez rapidement indistinctes.

A la suite de variations climatologiques, les branches fructifères peuvent donner pendant plusieurs années de suite des pousses à croissance indéfinie, puis fleurir à nouveau. Ces branches fructifères chez lesquelles alternent sans régularité la croissance indéfinie et la croissance définie sont plus fréquentes chez le *Magnolia grandiflora*. Les variations dans le mode et l'activité de croissance sont tout naturellement enregistrées par les secondaires correspondants, tout comme dans les branches des Rosacées chez lesquelles ce phénomène se produit aussi, comme je l'ai déjà dit.

B. — HÊTRE ET ARBRES SANS BOURSES FRUITIÈRES

I. — Morphologie externe du Hêtre

Chez, le Hêtre, on trouve également des branches différentes comme chez le Poirier, mais les branches épineuses ne s'y rencontrent pas.

61



62

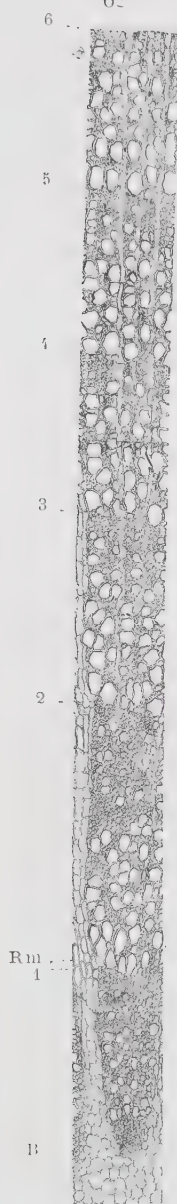


Fig. 61. — *Fagus sylvatica*. Branche longue de 6 ans, réduite 6 fois. A, bourgeon terminal; B, C, D, E, F, cicatrices gemmaires.

Fig. 62. — *Fagus sylvatica*. Portion du bois d'une coupe

d'une branche longue de 6 ans, grossissement 50. B., bois; R. m., rayon médullaire; 1, 2, 3, 4, 5, 6, limites des couches annuelles.

En outre les branches courtes fructifères sont bien sympodiales, mais elles ne portent pas de bourse et il faut suivre attentivement leur développement pour voir qu'elles sont à croissance définie, car le bourgeon réparateur prend la direction du rameau floral qu'il remplace, sans former de coude. Il résulte de là qu'on pourrait, à première vue, croire les petites branches à ramification indéfinie comme les branches longues. L'âge des branches longues et des branches courtes est longtemps facile à reconnaître, car le nombre des écailles des bourgeons est très élevé et les cicatrices gemmaires sont d'autant plus visibles.

Si l'on considère deux branches de même âge, l'une longue (fig. 61), l'autre courte (fig. 67), on remarque entre elles de grandes différences.

Au point de vue morphologique externe elles diffèrent par la longueur, la forme, et le volume total.

Ainsi, j'ai constaté dans le Hêtre ordinaire qu'une branche terminale âgée de 6 ans (fig. 61) avait une longueur de 95 centimètres tandis qu'une branche courte de même âge n'était que de $2\frac{m}{m}75$.

Le diamètre de la branche longue est beaucoup plus faible à l'extrémité terminale qu'au point d'insertion sur la tige principale. Dans les branches courtes il n'en est plus de même et la différence entre les deux diamètres terminaux est très faible. Ainsi, les diamètres d'une petite branche de seize ans sont à la base de $2\frac{m}{m}1$ et au sommet de $1\frac{m}{m}76$.

Il résulte de là que les différences de volume entre deux branches de même âge, l'une longue, l'autre courte, sont considérables.

Les branches à bois existent seules dans le premier âge de l'arbre. Les branches courtes apparaissent plus tard et leur nombre augmente naturellement avec le développement de la plante. D'abord exclusivement latérales, elles peuvent apparaître à l'extrémité des branches allongées. Dans les deux cas, il arrive parfois que, sous l'influence de conditions biologiques spéciales, le bourgeon terminal donne une pousse allongée à la place d'une pousse courte ; plus tard, des pousses courtes succèdent à ces pousses longues. Dans ces conditions, il y a pro-

duction d'une sorte de branche mixte dont la charpente est formée par une succession irrégulière de parties allongées et de parties courtes.

II. — Structure anatomique des diverses ramifications du Hêtre

Après avoir étudié ainsi brièvement, les caractères morphologiques des branches longues et des branches courtes, je me suis demandé si la structure de ces dernières était seulement celle de la branche longue à une échelle plus faible ou si, au contraire, les rapports des tissus étaient différents de l'une à l'autre.

J'ai fait dans ce but des coupes dans toutes les pousses annuelles des branches longues et des branches courtes jusqu'à la vingtième année. Je ne donnerai de description détaillée que pour les coupes de six ans et de seize ans ; je me contenterai de donner des chiffres pour les autres termes de la série.

** Branche longue de 6 ans*

Si l'on examine la coupe passant par la région moyenne de la portion de branche longue âgée de six ans (fig. 3, pl. III), on trouve à l'extérieur le liège formé de files radiales de cellules tabulaires à parois plus ou moins épaissies et subérifiées. L'épaisseur du liège est surtout déterminée par le nombre des assises de cellules superposées ; cependant on peut observer par place, des cellules moins aplaties que les précédentes, qui déterminent par leur volume une épaisseur un peu plus considérable de la couche subéreuse. Il est à remarquer que l'épiderme ne persiste que très peu de temps et qu'il est exfolié de bonne heure par suite du développement du tissu péridermique. On n'en trouve

plus de trace dans la coupe faite à l'âge de six ans (fig. 63 et 64).

L'assise génératrice subérophellodermique apparue dans l'é-

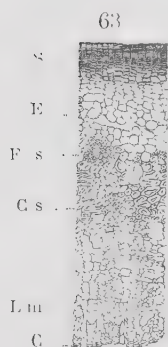


Fig. 63. — *Fagus sylvatica*. Portion de l'écorce d'une branche longue de 6 ans (écorce proprement dite et liber). C., cambium; L. m., liber mou; C. s., cellules scléreuses; E., écorce; S., liège.



Fig. 64. — *Fagus sylvatica*. Coupe de la branche longue terminale de 6 ans, au grossissement 18.

1, 2, 3, 4, 5, 6, couches annuelles; R. m., rayons médullaires; M., moelle; L. m., liber mou; L. d., liber dur; E., écorce; L., liège.

On peut remarquer la grande épaisseur du liège et la continuité du liber dur, disposé en anneau.

corce est bien nette. Le phelloderme est représenté par un petit nombre de cellules arrondies à membranes cellulósiques légèrement épaissies.

L'écorce est formée par un parenchyme lacuneux dont les cellules sont ovales ou arrondies ; entre elles il y a par place des lacunes de taille variable et souvent des petits îlots de cellules scléreuses. Il y a de plus des cristaux d'oxalate de chaux qui sont disposés sans ordre.

Le liber comprend deux régions différentes : l'externe ou liber dur et l'interne ou liber mou. La première est formée par des fibres sclérénchymateuses intercalées à des cellules scléreuses arrondies. Les fibres ont un lumen assez faible et de forme arrondie, les cellules scléreuses ont un lumen beaucoup plus grand et une épaisseur de membrane assez forte. Les fibres et les cellules scléreuses sont réunies en un anneau continu qui suit exactement le contour du liber mou et qui, de place en place, envoie vers les rayons médullaires des prolongements formés de cellules scléreuses.

Le liber mou est formé des éléments habituels groupés en bandes radiales plus ou moins larges, séparées les unes des autres par des rayons médullaires. Les éléments libériens sont presque toujours très serrés les uns contre les autres, et présentent des membranes à contours très sinueux. Les rayons médullaires intralibériens sont dans le prolongement de ceux qui traversent le bois ; ils sont généralement formés par une seule file de cellules allongées dans le sens radial. De temps à autre on en remarque qui présentent deux files de cellules placées côte à côte ; ce n'est que très exceptionnellement qu'on en rencontre ayant un plus grand nombre de files radiales (fig. 63).

Le diamètre de ces cellules est moindre que celui des cellules de l'écorce ; il est cependant plus élevé que celui des éléments libériens proprement dits. Dans le liber il y a de place en place des cristaux d'oxalate de chaux.

La région cambiale est formée par quelques assises de cellules disposées en files radiales ; leur membrane est très mince et leur volume sensiblement uniforme.

Le bois est formé de deux sortes d'éléments : des vaisseaux

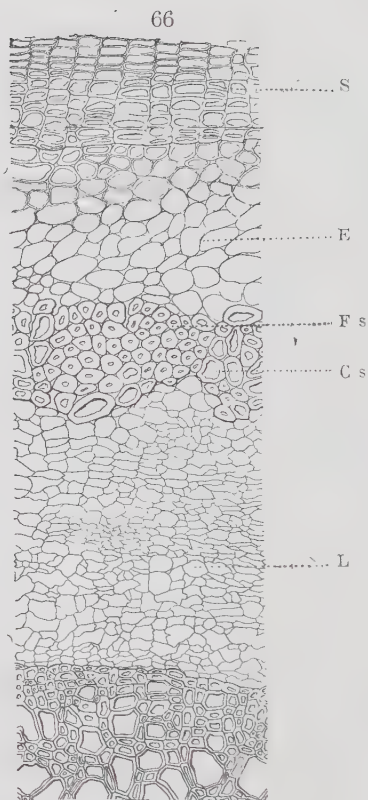
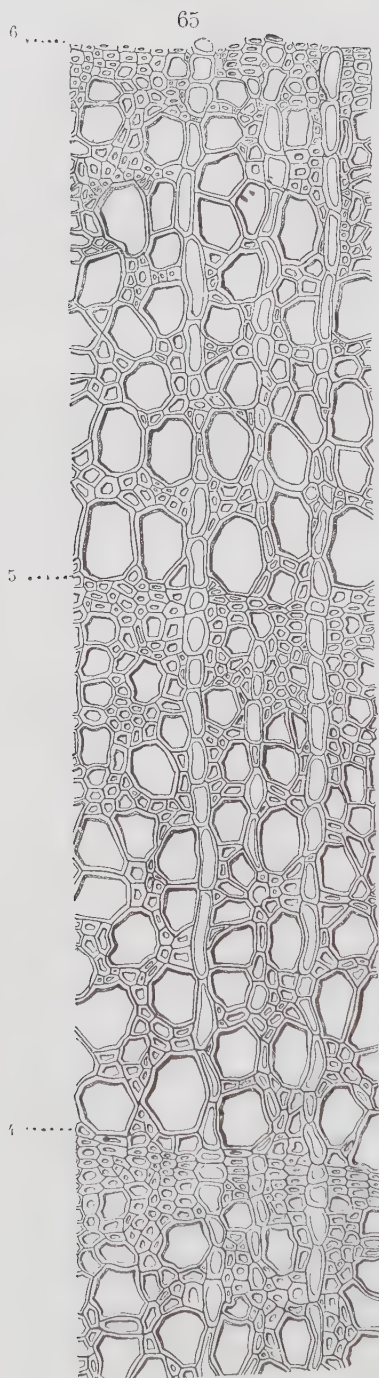


Fig. 65. — *Fagus sylvatica*. Branche longue ordinaire de 6 ans. Portion des deux dernières couches annuelles du bois au grossissement 166.

Les rayons médullaires sont très étroits et formés d'une seule rangée de cellules dans cette région.

Les distinctions entre le bois de printemps et le bois d'automne sont extrêmement nettes.

4, 5 et 6, limites des couches annuelles.

Comparer avec la figure 63.

Fig. 66. — *Fagus sylvatica*. Portion du liège, de l'écorce et du liber dans une branche mixte âgée de 6 ans.

S., liège en couches assez uniformes; E., écorce; F. s., fibres de sclérenchyme à dimensions et épaississements variés; L., liber au-dessous duquel on voit la dernière couche de bois.

L'assise génératrice libéroligneuse est peu visible, la branche étant au repos de la végétation,

et des fibres. On y distingue six couches successives concentriques ; chacune de ces couches comprend deux régions : l'interne, dans laquelle prédominent des vaisseaux de grand diamètre séparés par des fibres de diamètre variable et à parois peu épaisses. Cette portion du bois a été formée au printemps au moment où l'activité cambiale était forte. La région externe est surtout formée de fibres, dont le diamètre est plus faible que celui des fibres de formation printanière, et de vaisseaux de petit diamètre, disséminés entre elles en nombre beaucoup moins grand que dans la région précédente. La seconde région s'est développée pendant l'automne et son apparition coïncide avec le ralentissement de l'activité du cambium (fig. 62 et 65).

La considération de ces régions permet de distinguer facilement l'âge d'une branche longue de l'arbre ; autant il y a de ces couches, autant la branche a d'années.

Le bois est parcouru par des rayons médullaires R. m. formés de cellules à parois lignifiées et ponctuées disposées en files radiales. Les rayons médullaires débutent dans le bois à des hauteurs variables ; les plus larges vont jusqu'à la moelle et avant d'y pénétrer s'élargissent plus ou moins.

La moelle M. est formée de cellules arrondies à membrane lignifiée et ponctuée. En allant vers le centre le diamètre des cellules s'accroît.

La moelle occupe une position un peu excentrique et on y rencontre un petit nombre d'assez gros cristaux d'oxalate de chaux.

Branche courte de 6 ans

Si nous étudions maintenant une coupe faite dans une branche courte au niveau de la sixième année (fig. 2, pl. XXIV), nous retrouvons les mêmes tissus que dans la branche longue, mais leur importance et leur structure varient de l'une à l'autre. Le liège est formé de cellules tabulaires moins aplaties que dans le liège de la branche allongée.

Au-dessous du liège se trouve l'assise génératrice subéro-phellodermique, qui a donné intérieurement un phelloderme de cellules arrondies à membrane cellulosique peu épaissie. Le

phelloderme occupe une place relativement plus grande que dans la branche allongée, et on y rencontre par place des fibres scléreuses isolées ou réunies par petits paquets.

L'écorce occupe ici un espace assez considérable et est formée de cellules à membrane cellulosique mince, de forme arrondie ou ovale de place en place on y rencontre des lacunes de dimensions variables mais en général assez faibles et des fibres scléreuses en petit nombre.

Le liber dur est formé de fibres et de cellules scléreuses. Le diamètre des cellules est relativement grand ; celui des fibres est beaucoup plus faible ; l'ensemble est disposé en petits paquets allongés dans le sens tangentiel, situés à la limite interne de l'écorce. Il n'y a pas, en général, de cellules scléreuses en face des rayons médullaires (fig. 66).

Le liber mou est analogue à celui de la branche allongée.

Le bois est ici très différent de celui de la branche longue ; il est formé d'éléments beaucoup plus petits ; les vaisseaux y ont un diamètre assez faible ainsi que les fibres. D'autre part, les couches ligneuses annuelles concentriques, quoique visibles, sont très réduites à partir de la deuxième année. Les deux premières années occupent plus de la moitié de la surface ligneuse et la première année est plus développée que la seconde ; pendant les dernières années, la formation ligneuse est beaucoup plus réduite et les couches annuelles ont un contour très sinueux.

Les rayons médullaires sont très réduits et en petit nombre.

La moelle est formée de cellules à membrane lignifiée et ponctuée ; elles sont plus grandes au centre qu'à la périphérie, et quelques-unes renferment d'assez gros cristaux d'oxalate de chaux.

Il y a donc des différences entre les tissus de la branche allongée et ceux de la branche courte. Dans celle-ci, les cellules subéreuses sont plus grandes ; le phelloderme et l'écorce comprennent un plus grand nombre d'assises ; le liber ne se continue pas avec les rayons médullaires par des paquets de cellules scléreuses ; le bois est formé d'un nombre beaucoup plus faible d'éléments plus réduits ; les rayons médullaires diminuent de nombre et d'importance.

Branche longue de 16 ans

Je décrirai avec beaucoup moins de détails les coupes faites au niveau de la seizième année (fig. 4, pl. III).

Dans la branche allongée de cet âge, les tissus péridermiques, corticaux et libériens, présentent la même structure qu'à la sixième année. Le liber dur peut présenter plusieurs couches intercalées au liber mou. Le phelloderme et l'écorce occupent un espace très faible et sont formés d'un petit nombre de cellules.

Le bois est très développé ; il est formé de vaisseaux larges et de fibres de diamètre assez grand. On distingue facilement le bois de printemps à vaisseaux de grande taille séparés par des fibres à large ouverture, et le bois d'automne à vaisseaux plus étroits, en très petit nombre, entourés, d'une très grande quantité de fibres. Celles-ci ont un diamètre plus faible que les fibres du bois de printemps.

L'épaisseur des couches ligneuses annuelles était sensiblement uniforme dans la branche âgée de six ans. Dans la branche âgée de seize ans elles sont sensiblement égales pendant les premières années, puis leur épaisseur diminue du centre vers la périphérie. Cependant, il peut se faire qu'une ou plusieurs de ces couches soient plus épaisses que d'autres si, dans les années correspondantes les pousses de la branche ont été plus développées.

Les rayons médullaires sont nombreux, très développés et formés de cellules allongées à membrane lignifiée et ponctuée disposées en files radiales. Les plus petits ne possèdent qu'une seule de ces files et les plus larges en ont quatre ou cinq et quelquefois plus.

La moelle, formée de cellules dont la membrane est lignifiée et ponctuée, occupe une position excentrique très nette.

Branche courte de 16 ans

Dans la branche courte de seize ans (fig. 67), le liège est assez développé et d'épaisseur variable suivant les régions de la coupe considérées (fig. 68). Les cellules subéreuses ont une

ouverture plus grande et sont moins aplaties que celles du liège de la branche longue.



Fig. 67. — *Fagus sylvatica*. Branche courte de 18 ans.

1-18, pousses annuelles, grandeur naturelle.

Les cicatrices gemmaires sont nombreuses et très rapprochées. Les cicatrices foliaires sont très apparentes ; les pousses annuelles, très courtes, sont de dimensions assez variables, suivant la météorologie des années.

Fig. 68. — *Fagus sylvatica*. Coupe d'une branche courte de 16 ans.

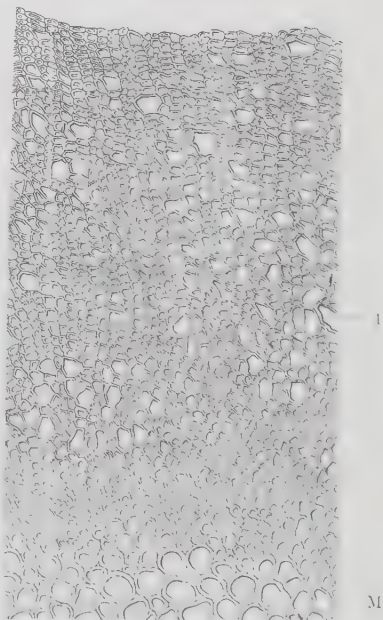
S., liège ; E, écorce ; L. d., liber dur ; L. m., liber mou ; M., moelle ; B., bois ; C. s., cellules scléreuses.

Fig. 69. — *Fagus sylvatica*. Bois d'une portion de la coupe d'une branche courte de 16 ans. 1, limite de la première couche annuelle.

Au-dessus de 1, les couches formées chaque année sont indistinctes et de dimensions de plus en plus restreintes. M, cellules de la moelle, épaissies et à membranes ponctuées.



(68)



Le phelloderme et l'écorce sont formés de cellules arrondies assez serrées les unes contre les autres ; il est rare d'y trouver des lacunes intercellulaires. On y rencontre parfois de nombreux

paquets de fibres et de cellules scléreuses qui peuvent s'étendre quelquefois depuis le liège jusqu'au voisinage du liber dur. Celui-ci est disposé à la limite intérieure de l'écorce en petits paquets allongés dans le sens tangentiel et occupant une surface peu considérable à contours irréguliers. Le liber mou est formé d'éléments petits fortement pressés les uns sur les autres.

Le bois (fig. 69) occupe relativement peu d'espace. Son contour externe est sensiblement circulaire ; son contour interne est sinueux, non seulement par suite de la proéminence des pointements primaires au milieu de la moelle, mais encore parce que celle-ci, légèrement excentrique, présente en certains points des prolongements en face desquels le bois diminue d'épaisseur.

Nous avons vu dans la branche longue des couches ligneuses annuelles dans lesquelles la formation printanière se distinguait facilement de la formation automnale. Ces couches étaient concentriques et leur contour à peu près circulaire. Il n'en est pas de même dans la branche courte. La couche ligneuse formée pendant la première année comprend encore une zone de printemps et une zone d'automne distinctes ; mais le contour du bois d'automne est sinueux et l'épaisseur totale du bois de la première année est variable suivant le point considéré ; en général, elle est sensiblement égale au tiers de l'épaisseur totale du bois.

La couche ligneuse de la deuxième année a une épaisseur beaucoup plus faible et également irrégulière. Sa limite n'est visible qu'aux points où le bois a son épaisseur maxima. Partout ailleurs la formation des vaisseaux a été très irrégulière et ils sont mélangés à des fibres de dureté variable, ce qui permet de les confondre avec celles du bois de la première année ou des années suivantes. Il n'est pas toujours possible de voir le contour externe du bois formé pendant la seconde année, car cette couche annuelle n'est pas distincte sur tout le pourtour de la coupe.

Cette particularité s'accroît dans le bois formé pendant la troisième année et les années suivantes : les fibres deviennent plus nombreuses et sont intercalées aux vaisseaux d'une façon irrégulière ; le tissu ligneux offre alors un aspect homogène et

il est absolument impossible de reconnaître ce qui appartient aux formations de printemps ou ce qui appartient aux formations d'automne.

A ce moment la distinction des couches annuelles ne peut plus se faire et l'on se trouve dans l'impossibilité de déterminer l'âge de la branche par l'examen de la coupe.

La difficulté s'accroît encore si l'on considère que dans certaines régions d'une même couche annuelle il peut y avoir formation consécutive de vaisseaux et de fibres qui se superposent de façon à simuler les formations ligneuses de deux ou plusieurs années successives. Grâce à cette disposition, il est possible de compter, en certains points de la coupe, plus de couches ligneuses que la branche n'a d'années, alors que dans d'autres parties on trouve un nombre de couches inférieur à l'âge réel de la branche.

Dans les branches courtes qui présentent des couches annuelles très réduites, mais sensiblement égales, la distinction des couches ligneuses annuelles est peu nette après la cinquième ou la sixième année. La majeure partie de ces branches est ainsi constituée. Dans celles qui ont des pousses plus longues, les couches annuelles sont visibles jusque vers la dixième année environ.

Il peut arriver aussi que, sous l'influence de conditions biologiques particulières, certaines pousses d'une branche courte se développent plus que les autres ; les couches ligneuses qui leur correspondent sont alors bien marquées sur la coupe transversale ; mais l'âge de la branche ne peut encore être fixé avec certitude dans ce cas, car ces couches distinctes peuvent succéder à des zones confuses formées au cours de plusieurs années. On pourrait alors croire que cette zone confuse intercalée entre deux couches distinctes correspond à une seule année et attribuer à la coupe un âge inférieur à son âge réel.

Ainsi donc on ne peut plus fixer l'âge de la branche courte, d'après ses couches ligneuses annuelles, à partir de la sixième ou de la dixième année environ, suivant la longueur de ses pousses annuelles. Dans la moyenne des cas c'est à partir de la

septième ou de la huitième années qu'il devient impossible de fixer ainsi l'âge d'une branche courte.

Ce n'est donc pas sans raison que j'ai décrit plus spécialement les coupes passant au niveau de la sixième et de la seizième années.

J'ai d'abord choisi la sixième, pour comparer les deux branches, au moment où il est encore possible de voir les couches ligneuses annuelles, afin de juger d'une façon sûre de l'importance de ces couches suivant leur âge respectif et suivant la sorte de branche considérée. J'ai décrit ensuite la seizième année pour montrer, d'une part le mode d'accroissement des deux branches, et d'autre part, l'impossibilité absolue de déterminer l'âge de la branche courte, au bout d'un certain temps, par la considération de ses éléments ligneux.

Il est à remarquer en outre que les rayons médullaires sont très réduits et en petit nombre dans la branche courte. La moelle occupe une position légèrement excentrique, mais cette excentricité est beaucoup moins accusée que dans la branche longue.

COMPARAISON ENTRE LA BRANCHE LONGUE ET LA BRANCHE COURTE

Si nous comparons maintenant les deux dernières coupes que nous venons de décrire, nous constatons que les différences histologiques entre la branche longue et la branche courte sont plus accentuées à la seizième année qu'à la sixième. Les cellules du liège sont plus grandes dans la branche courte ; les cellules phellodermiques et corticales y sont plus petites, ainsi que celles du liber dur ; la diminution du diamètre moyen de ces éléments est cependant très faible.

Le bois de la branche courte (fig. 69) est très différent de celui de la branche longue (fig. 65), non seulement par suite de la confusion des couches annuelles dans la première, mais encore par la taille de ses éléments. Ainsi les fibres ont au maximum un diamètre de 3/1000 de millimètre dans la branche courte et sont larges de 5/1000 de millimètre dans la branche longue. Les vaisseaux les plus larges de la branche courte mesurent au plus 16/1000 de millimètre et ceux de la branche longue ont

un diamètre de $\frac{78}{1000}$ de millimètre. Les cellules médullaires ont un diamètre légèrement plus grand, dans la branche longue; l'excentricité de la moelle est beaucoup plus marquée que dans la branche courte et les rayons médullaires sont considérablement réduits dans cette dernière.

Aux différences morphologiques et histologiques il s'en ajoute d'autres qui tiennent moins à la texture propre de chaque tissu qu'à la place que celui-ci occupe dans la surface totale de chaque coupe.

Le volume de chaque tissu peut être envisagé en grandeur absolue, et dans ses rapports avec les autres tissus ou ce qui est la même chose, avec le diamètre de la coupe.

Pour la grandeur absolue des tissus je donnerai en millimètres les nombres que j'ai obtenus en mesurant chacun d'eux sur les dessins des coupes pris à la chambre claire avec un grossissement de 90 diamètres. En divisant le nombre de millimètres donné pour chaque tissu par 90, on aura la grandeur absolue que ce tissu occupait dans le rayon réel de la branche.

Pour la grandeur relative, je considère le rapport de la longueur radiale occupée par chaque tissu au rayon de la coupe.

Dans la branche longue, je ne donnerai que deux termes de comparaisons pris à la sixième et à la seizième année. Les chiffres du tableau suivant suffiront à montrer l'augmentation ou la diminution de la grandeur des tissus suivant l'âge de la branche.

	MOELLE	BOIS	LIBER mou	LIBER dur	ECORCE	LIÈGE	RAYON
6 ans.....	34,2	261	24,3	11,7	14,4	9,9	355,5
16 ans.....	32,4	720	32,4	14,4	19,8	8,1	836,1

Ces chiffres nous montrent que le diamètre de la branche

longue augmente rapidement avec l'âge ; la moelle diminue d'importance à mesure que la branche vieillit ; par contre, le bois augmente dans des proportions considérables ; cela permet de comprendre facilement le phénomène de l'emboîtement des cônes et la forme conique de toutes les branches longues ainsi que du tronc pendant leur période de croissance suffisamment active.

Le liber augmente un peu, ainsi que l'écorce, et le liège diminue légèrement d'épaisseur.

Si nous prenons les mesures correspondantes dans la branche courte, nous obtenons le tableau suivant :

	RAYONS	MOELLE	BOIS	BOIS DE		LIBER MOU	LIBER DUR	ÉCORCE	LIÈGE
				1 ^{re} année	2 ^e année				
2 ans....	77,05	20,25	14,8	10	4,8	8	3	27	4
3 —	78,6	21,4	15	13,2	4	6,75	2,75	20	4,5
4 —	75	16,5	21,25	11,4	6,5	8	3	19,25	5,5
5 —	84,75	17,5	26,75	12	3	9,4	2,45	22,5	6
6 —	85,37	20,5	26	14	5	9,5	2,75	21,25	4,75
7 — ...	78,37	20,25	27	13,5	5	8,37	2,75	14,5	4,6
8 —	92,75	19	29,25	14,5	4,16	8,6	2,75	26,5	6,25
9 —	88,5	14,25	32	14,1	7,5	10	2,25	23	6
10 —	78,25	13,5	33	10,75	6,25	9	3,5	14,2	5
11 —	83,75	13,5	33,8	12,6	6	10	2,75	16	7,25
12 —	84,75	12,5	31,6	12,75	4,5	11	3	19,7	7
13 —	87,25	17,25	28,5	10	5,5	11	3,5	19	8,25
14 — ...	101,25	15	33,75	9,75	4,75	15,25	2,5	25,25	10
15 — ...	93,25	14,25	39	12,25	5	18,5	3	24,8	9,83
16 —	87,5	16,5	36,5	11,5	7	8,3	2,75	22	11

Ainsi quand l'âge de la branche courte augmente, le diamètre de celle-ci s'accroît très peu ; la moelle diminue d'import-

tance ; le bois augmente de volume, mais beaucoup moins que dans la branche longue ; la première et la seconde année du bois occupent un espace à peu près égal dans toute la longueur de la branche courte.

Le liber mou s'accroît ; le liber dur reste semblable à lui-même ; l'écorce diminue légèrement d'importance, et le liège est plus épais dans les régions plus âgées.

Considérons maintenant les grandeurs relatives de chaque tissu par rapport au rayon de la coupe.

Les rapports ainsi établis ont la valeur suivante pour la branche longue :

	MOELLE	BOIS	LIBER mou	LIBER dur	ÉCORCE	LIÈGE
6 ans.	0,095	0,72	0,069	0,041	0,041	0,027
16 ans	0,08	0,87	0,03	0,014	0,024	0,0098

Ces chiffres nous montrent que la plus grande partie de la branche longue âgée est occupée par le tissu ligneux qui remplit presque 9/10 de la surface totale de la coupe à la seizième année. Le terme de branche à bois que l'on donne à ces organes est donc parfaitement justifié.

D'autre part, plus la branche longue est âgée, plus le bois y est développé.

Au contraire la surface relative occupée par les tissus médullaire, libérien, cortical et subéreux va en diminuant avec l'âge.

Pour la branche courte, les rapports de même ordre, concernant le tissu médullaire, le bois en général, les bois de première et de deuxième années, les libers mou et dur, le tissu cortical et le tissu subéreux, mesurés, depuis l'âge de deux ans jusqu'à la seizième année, figurent dans le tableau suivant :

	MOELLE	BOIS	BOIS DE		LIBER MOU	LIBER DUR	ÉCORCE	LIÈGE
			1 ^{re} année	2 ^e année				
2 ans. . .	0,255	0,22	0,12	0,00	0,11	0,037	0,33	0,05
3 — . . .	0,27	0,29	0,16	0,05	0,08	0,03	0,25	0,05
4 — . . .	0,23	0,28	0,15	0,08	0,10	0,04	0,25	0,07
5 — . . .	0,21	0,31	0,14	0,03	0,10	0,008	0,26	0,07
6 — . . .	0,245	0,30	0,16	0,05	0,11	0,03	0,24	0,06
7 — . . .	0,25	0,34	0,17	0,06	0,10	0,03	0,18	0,05
8 — . . .	0,20	0,31	0,15	0,04	0,09	0,029	0,28	0,06
9 — . . .	0,17	0,36	0,13	0,08	0,11	0,025	0,26	0,06
10 — . . .	0,17	0,42	0,13	0,07	0,11	0,044	0,18	0,06
11 — . . .	0,16	0,40	0,15	0,07	0,11	0,03	0,19	0,08
12 — . . .	0,145	0,37	0,15	0,05	0,12	0,03	0,23	0,08
13 — . . .	0,195	0,32	0,11	0,06	0,12	0,04	0,21	0,09
14 — . . .	0,145	0,33	0,09	0,04	0,14	0,02	0,24	0,09 ⁸
15 — . . .	0,145	0,39	0,12	0,05	0,18	0,03	0,25	0,1
16 — . . .	0,185	0,41	0,13	0,08	0,09	0,03	0,13	0,12

On trouve dans la branche courte âgée, moins de moelle, de liber et d'écorce et davantage de bois et de liège que dans la branche courte jeune.

Toutefois l'augmentation du diamètre du bois n'est pas régulière et dépend de la valeur de la végétation de chaque année. L'emboîtement des cônes n'existe plus à partir d'un certain âge et la branche courte prend la forme cylindrique irrégulière avec des parties minces et des parties plus grosses résultant des inégalités annuelles de la croissance.

Si maintenant nous comparons les grandeurs relatives de chaque tissu, par rapport au rayon de la coupe, dans la branche longue et dans la branche courte de même âge, nous constaterons entre ces deux dernières des différences importantes.

		MOELLE	BOIS	LIBER mou	LIBER dur	ÉCORCE	LIÈGE
6 ans	{ Branche courte.	0,245	0,30	0,11	0,24	0,24	0,06
	{ Branche longue.	0,095	0,72	0,069	0,41	0,041	0,027
16 ans	{ Branche courte.	0,185	0,41	0,09	0,03	0,13	0,12
	{ Branche longue.	0,08	0,87	0,03	0,014	0,024	0,0094

La comparaison de ces chiffres, nous permet de voir que la branche courte n'est pas une réduction de la branche longue, mais qu'au contraire elle présente une structure spéciale bien distincte. Il y a dans la branche courte une quantité de moelle relativement plus grande que dans la branche longue ; le liber mou et le liber dur occupent davantage d'espace dans la branche courte ; l'écorce de celle-ci est considérablement développée par rapport à celle de la branche longue ; le liège est relativement plus épais dans la branche courte ; par contre, le bois est très réduit dans cette dernière, puisqu'à la seizième année il n'occupe guère que les $4/10^e$ du diamètre de la coupe tandis qu'il occupe jusqu'aux $9/10^e$ du diamètre de la branche longue.

BRANCHES MIXTES

Ainsi les branches longues du Hêtre sont très distinctes de ses branches courtes. J'ai recherché si, entre ces deux types extrêmes, il n'existait pas de termes de passage.

Les branches courtes, ont toujours des pousses annuelles très courtes, et il n'y a pas de branches non ramifiées, dont les pousses annuelles soient rigoureusement intermédiaires entre les pousses des branches longues et celles des branches courtes. Mais il existe des branches, que j'ai désignées au début par le nom de branches mixtes, dont l'axe principal est formé par une



Fig. 70. — Hêtre ordinaire : branche mixte de 17 ans portant latéralement des branches courtes ($1/2$ grandeur).

succession irrégulière de pousses allongées et de pousses courtes, et dont les ramifications comprennent à la fois des branches courtes et des branches mixtes secondaires (fig. 70).

J'ai fait dans les branches mixtes des coupes à des niveaux différents ; j'ai remarqué que la structure de cette catégorie de branches était intermédiaire entre celle de la branche longue et celle de la branche courte (fig. 71). La longueur de la branche mixte est toujours beaucoup plus grande que celle de la branche courte de même âge, et notablement inférieure à celle de la branche longue. Le diamètre de la branche mixte augmente assez vite avec l'âge. Tous les éléments histologiques sont intermédiaires comme taille entre ceux des branches longues et ceux des branches courtes de même âge. Les tissus y figurent dans des rapports intermédiaires à ceux qu'ils ont dans ces dernières (fig. 64 et 68).

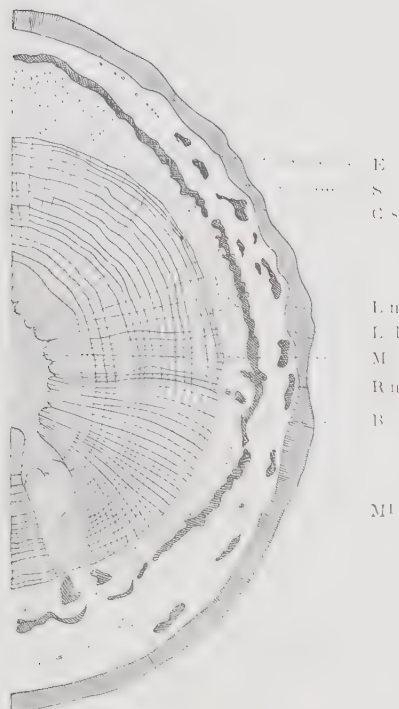
Il y a, par rapport à la branche longue, augmentation de la surface occupée par la moelle, le liber, l'écorce et le liège, et diminution de l'espace occupé par le tissu ligneux. Par rapport à la branche courte, les variations de ces rapports sont de sens contraire.

D'autre part, les couches annuelles du bois de la branche mixte sont moins épaisses que celles de la branche longue, et, dans la branche mixte âgée, leur épaisseur diminue très vite quand l'âge augmente ; la distinction entre le bois de printemps et le bois d'automne devient alors difficile (fig. 72, 73 et 74).

Les parties ligneuses qui correspondent aux pousses réduites successives sont peu développées ; elles forment des zones confuses qu'on pourrait prendre pour une couche annuelle unique, ce qui ferait attribuer à la branche mixte un âge inférieur à son âge véritable.

Plus la branche mixte est âgée, plus la confusion de ses couches ligneuses est grande, et il arrive un moment où il est impossible de fixer son âge d'une façon précise. Nous avons vu qu'il en était en général de même dans la branche courte à partir de la septième ou de la huitième année.

Dans la branche mixte on peut déterminer l'âge pendant



E

S

C s

L m

L l

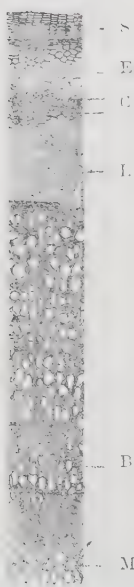
M

R m

B

M l

72



S

E

C s

L

B

M

Fig. 71. — *Fagus sylvatica*. Coupe d'une branche mixte de 17 ans. Grossissement 18.

E, écorce; S, liège; C s, cellules scléreuses; L m, liber mou; L d, liber dur; M, moelle; R m, rayons médullaires; B, bois; M l, moelle d'un rameau.

Fig. 72. — *Fagus sylvatica*. Portion d'une coupe de la branche mixte de 6 ans.

Grossissement 50. — Comparer à la figure 63.

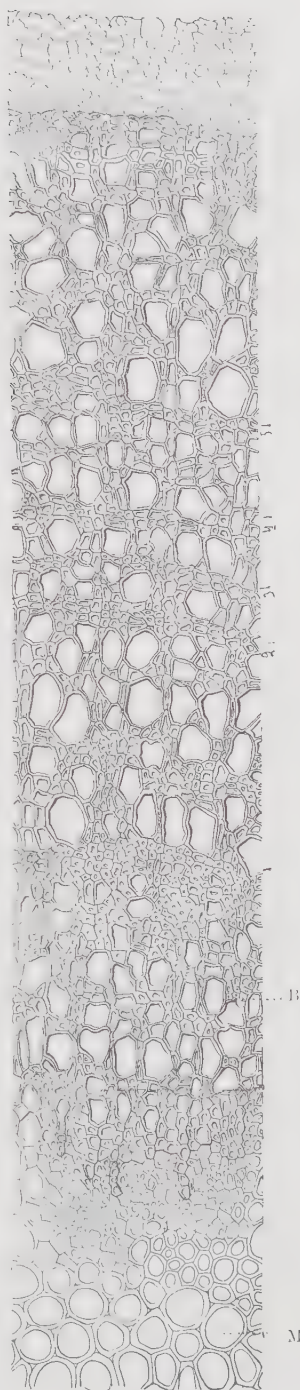
S, liège; E, écorce; C s, cellules scléreuses; L, liber; B, bois; M, moelle.

Fig. 73. — *Fagus sylvatica*. Bois d'une branche mixte de 6 ans.

Grossissement 169. — Comparer avec la figure 65.

M, moelle à membranes épaissies; B, vaisseaux ligneux plus

ou moins anguleux. Les bois primaires se distinguent nettement du parenchyme périmédullaire épaissi par l'intensité de la fixation du vert d'iode.



B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

B

M

un temps beaucoup plus long, variable cependant suivant la branche considérée, ce qui se comprend facilement, la visibilité des couches ligneuses annuelles étant d'autant moins grande que le nombre des pousses courtes de la branche est plus considérable.

Cependant, la difficulté de la détermination exacte de l'âge est plus grande dans la branche mixte que dans la branche courte. En effet, les cicatrices gemmaires de la branche courte subsistent pendant longtemps, et on peut encore déterminer l'âge de la branche extérieurement, alors qu'il est impossible de le faire d'après la coupe transversale. Ce n'est que dans les branches courtes très âgées que les traces gemmaires disparaissent par exfoliation ou par suite de l'action des agents extérieurs.

Dans la branche mixte, l'augmentation avec l'âge du diamètre de la section transversale, est assez rapide et par suite les traces gemmaires sont exfoliées au bout d'un temps relativement court. Il n'y a donc aucune méthode précise pour arriver à la connaissance de l'âge des branches courtes et des branches mixtes au bout d'un certain temps, puisque les caractères morphologiques externes, aussi bien que les caractères morphologiques internes, ne fournissent plus de renseignements précis.

Dans la branche longue, les cicatrices gemmaires disparaissent de bonne heure, mais on peut encore, longtemps après leur disparition, fixer son âge en comptant le nombre de ses couches ligneuses annuelles.

En résumé, on peut tirer de cette étude du Hêtre, les conclusions suivantes, qui corroborent ce qu'on a vu pour les branches analogues du Poirier et des arbres voisins :

1° Dans son jeune âge, le Hêtre présente des branches dont les pousses annuelles sont toutes longues ; un peu plus tard apparaissent des branches dont les pousses sont toutes courtes, ou formées successivement de pousses courtes et de pousses longues ; d'où la possibilité de classer les branches du Hêtre en branches longues, branches mixtes et branches courtes ;

2° L'anatomie de ces branches fournit les renseignements suivants :

La branche courte se distingue de très bonne heure de la branche allongée par la réduction du tissu vasculaire, par la diminution du nombre des rayons médullaires et par l'augmentation des parenchymes et du tissu libérien.

La différenciation en deux zones du tissu ligneux annuel dans la branche courte diminue quand l'âge augmente et il arrive un moment où les couches annuelles sont formées d'un bois sensiblement uniforme. Il en est de même dans la branche mixte, mais le nombre des couches annuelles distinctes y est plus grand.

Il est impossible de fixer l'âge exact d'une branche courte ou celui d'une branche mixte à partir du moment où le bois devient uniforme, c'est-à-dire au bout de quelques années.

Quand l'arbre a acquis sa taille définitive, dans les conditions de vie rencontrées par lui, il ne s'accroît plus sensiblement et les pousses longues deviennent l'exception. La croissance en épaisseur continue faiblement chaque année, avec des alternances d'intensité proportionnelles aux variations du milieu extérieur. Tantôt il y a formation exclusive de branches courtes, pendant une période de plusieurs années, tantôt formation de branches mixtes. Il résulte de là qu'à l'époque de la vieillesse de l'arbre, non seulement l'épaisseur des couches ligneuses annuelles d'une branche longue ou même du tronc va en diminuant, mais encore que la différence entre le bois de printemps et le bois d'automne s'atténue de plus en plus. On ne peut donc plus reconnaître d'une façon sûre, par ce moyen, l'âge d'une branche longue très âgée ni celui d'un Hêtre arrivé à son déclin.

III. — Branches diverses de quelques autres arbres

Les résultats que je viens d'indiquer pour le Hêtre ordinaire s'appliquent à toutes ses variétés ; j'ai pu constater sur de nombreuses coupes leur constance dans cette espèce.

Parmi les arbres qui présentent à la fois des branches longues et des branches courtes, on observe pour les branches longues les mêmes caractères que chez le Hêtre, avec des différences de détail. Elles portent toujours des pousses annuelles allongées et leur tissu vasculaire est toujours très développé. Aussi je ne donnerai point de chiffres pour chaque arbre étudié.

Il en est de même pour les branches mixtes : on y trouve la disposition des pousses annuelles et des tissus signalée chez le Hêtre. Le bois en particulier y possède des zones d'accroissement annuelles assez nettes. Mais il est impossible de savoir si une de ces zones correspond à l'accroissement résultant d'une seule pousse annuelle ou correspond à une formation ligneuse produite par plusieurs pousses annuelles courtes successives.

Les branches courtes présentent une forme spéciale suivant l'arbre considéré et j'en ai dessiné des exemplaires caractéristiques. Leur nombre varie sur chaque arbre suivant l'espèce et l'individu.

Charme (*Carpinus Betulus*)

Le Charme porte des branches courtes très grêles, à pousses annuelles longues d'environ 10 à 15 $\frac{m}{m}$. Les cicatrices foliaires sont relativement espacées ; souvent au-dessus de celles-ci, on observe de petits bourgeons qui restent toujours rudimentaires. La pousse annuelle est légèrement renflée aux deux extrémités. La partie supérieure sensiblement plus grosse que la base emboîte légèrement le bourgeon terminal. Celui-ci est ovoïde, long de 6 à 7 $\frac{m}{m}$ environ ; il est plus court et moins effilé que celui du Hêtre, ce qui, en l'absence de feuilles, permet de distinguer les rameaux des deux arbres. Les cicatrices gemmaires sont toujours bien marquées à la base de chaque pousse annuelle.

J'ai reproduit ici une branche courte de Charme âgée de 10 ans et le dessin d'une coupe de sa base (fig. 75 et 76). On y remarque un liège fortement subérifié, une écorce formée de cellules légèrement allongées dans le sens transversal, un liber dur formé de fibres et de cellules scléreuses réunies en anneau presque continu ; le liber mou est formé de couches fortement serrées les unes contre les autres. Le bois comprend des vais-

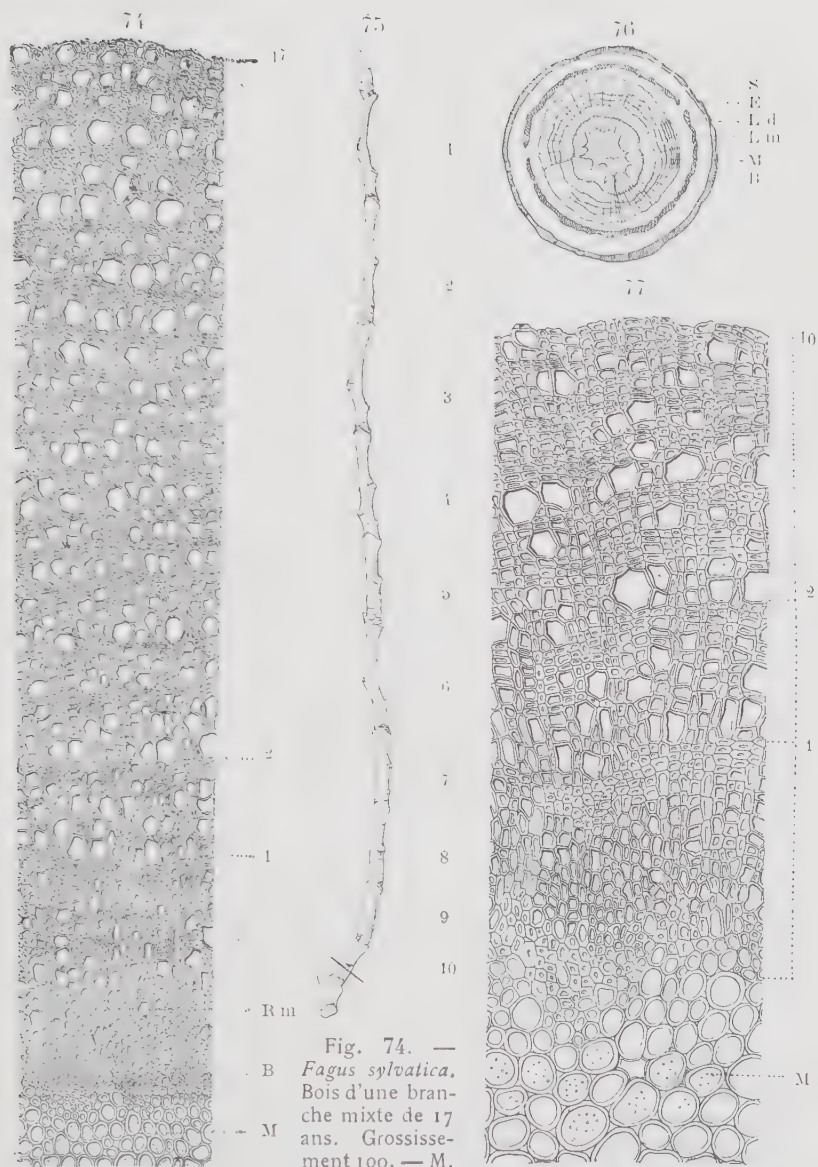


Fig. 74. —
B *Fagus sylvatica*.
Bois d'une bran-
che mixte de 17
ans. Grossisse-
ment 100. — M,

moelle ; B, bois ; R m, rayon médullaire ; 1, 2..., 17, couches annuelles dont celles de 2 à 17 restent indistinctes.

Fig. 75. — Charme : branche courte de 11 ans (grandeur nature). — 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, pousses annuelles.

Fig. 76. — Charme : coupe d'une branche courte de 19 ans. Grossissement 18.

Fig. 77. — Bois d'une branche courte de 10 ans. Grossissement 166,666. — M, moelle ; 1, 2..., 10, couches annuelles dont celles de 2 à 10 restent indistinctes.

seaux et des fibres et ses couches ligneuses annuelles ne sont pas nettes. D'une certaine épaisseur dans les premières années, elles sont très minces après la quatrième environ et leur nombre ne correspond pas à l'âge de la branche. Il est impossible de retrouver dans un tel bois les caractères spécifiques du Charme. Le bois adulte normal de cette essence présente des accroissements annuels peu nets, sinueux, limités par 4-6 rangées de fibres étroites. Ses rayons médullaires y sont nombreux et fins. Souvent des rayons médullaires étroits se rapprochent et ne sont séparés que par une mince couche de fibres et simulent ainsi de gros rayons médullaires. Dans le bois normal, les vaisseaux sont nombreux, épars ou groupés.

Quoique le bois d'une branche jeune n'ait pas acquis généralement ses propriétés caractéristiques, celui d'une branche longue de dix ans les possède déjà. Il n'en est pas de même dans la branche courte (fig. 77) où les vaisseaux sont de petite taille et irrégulièrement disposés, où les fibres sont nombreuses et serrées.

Les rayons médullaires sont peu nombreux, minces, et ne forment pas de faux gros rayons.

Les cellules médullaires sont lignifiées et la moelle a une faible excentricité.

Plus les branches courtes sont âgées, plus leur bois devient uniforme. Pratiquement il est difficile d'y distinguer des couches annuelles après la huitième année, et on ne pourrait savoir l'âge d'une telle branche si les cicatrices gemmaires ne persistaient très longtemps.

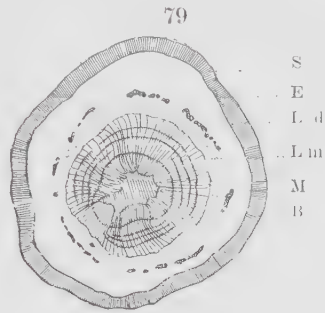
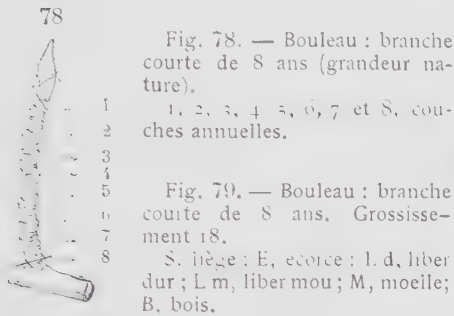
Bouleau (*Betula alba*)

Sur le Bouleau on trouve fréquemment des branches courtes dont la longueur dépasse rarement quatre ou cinq centimètres. Leurs pousses annuelles sont très réduites et n'ont que quelques millimètres de long.

Les cicatrices gemmaires sont par suite très rapprochées, de même les cicatrices des quelques feuilles, qui, chaque année, couronnent l'extrémité de la pousse. Le bourgeon terminal est effilé (fig. 78).

Il est rare de trouver des branches courtes âgées de plus d'une dizaine d'années.

Sur une coupe (fig. 79) faite à la base d'une branche courte âgée de huit ans on remarque un liège assez épais, une écorce



bien développée, de petits paquets de fibres et de cellules scléreuses à la périphérie d'un liber normal.

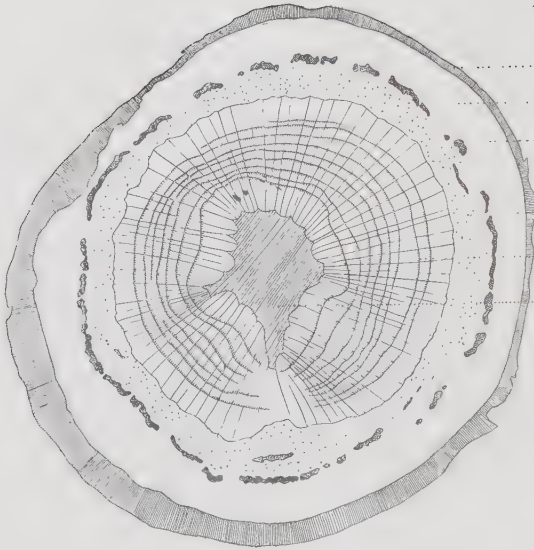
Le bois (fig. 80) est sensiblement uniforme et formé par des vaisseaux à petite ouverture et des fibres à diamètre relativement assez grand ; les rayons médullaires sont très étroits ; les zones annuelles du bois sont peu nettes, les premières sont seules bien marquées et sensiblement circulaires.

La moelle a des cellules à parois lignifiées et ponctuées.

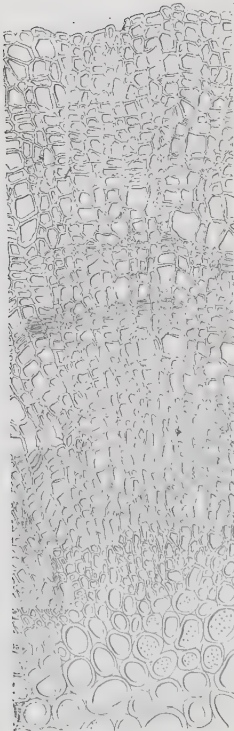
Le bois de la branche courte ne présente pas les particularités anatomiques du bois de Bouleau adulte : il en diffère par le faible diamètre de ses éléments et l'absence des couches annuelles distinctes.

Châtaignier (*Castanea vulgaris*)

Il est difficile de trouver des branches courtes sur cet arbre. On peut dire que normalement il n'en porte pas. Cependant sur des arbres très âgés on rencontre parfois de petites branches très grêles, légèrement ondulées et portant à leur sommet un petit nombre de feuilles. Ce sont des branches courtes typiques (fig. 81). Leurs pousses annuelles atteignent fréquemment plus de deux centimètres de long, les cicatrices foliaires sont saillantes et portent parfois de petits bourgeons avortés. Les rides



80



8

Fig. 80. — Bouleau : bois d'une branche courte de 8 ans. Grossissement : 66,666.

M, moelle à cellules scléreuses ; B, bois primaire ; 1, 2, 3, ..., 8, couches annuelles de bois secondaire dont celles de 3 à 8 restent indistinctes.

3

Fig. 81. — Châtaignier : branche courte de 14 ans (1/2 grandeur nature).

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, pousses annuelles.

1

Fig. 82. — Châtaignier : branche courte de 14 ans. Grossissement 18.

S, liège épais surtout d'un côté ; E, écorce inégalement développée suivant les régions ; L d, liber dur ; L m, liber mou ; B, bois à dorsiventralités concordantes ; M, moelle présentant des protubérances se rendant dans les bourgeons latéraux.

Cette petite branche provient d'un arbre en voie de décrépitude sénile, dont l'âge était d'au moins 300 ans, si l'on en juge par le nombre des couches concentriques ligneuses de son tronc lors de l'abattage.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

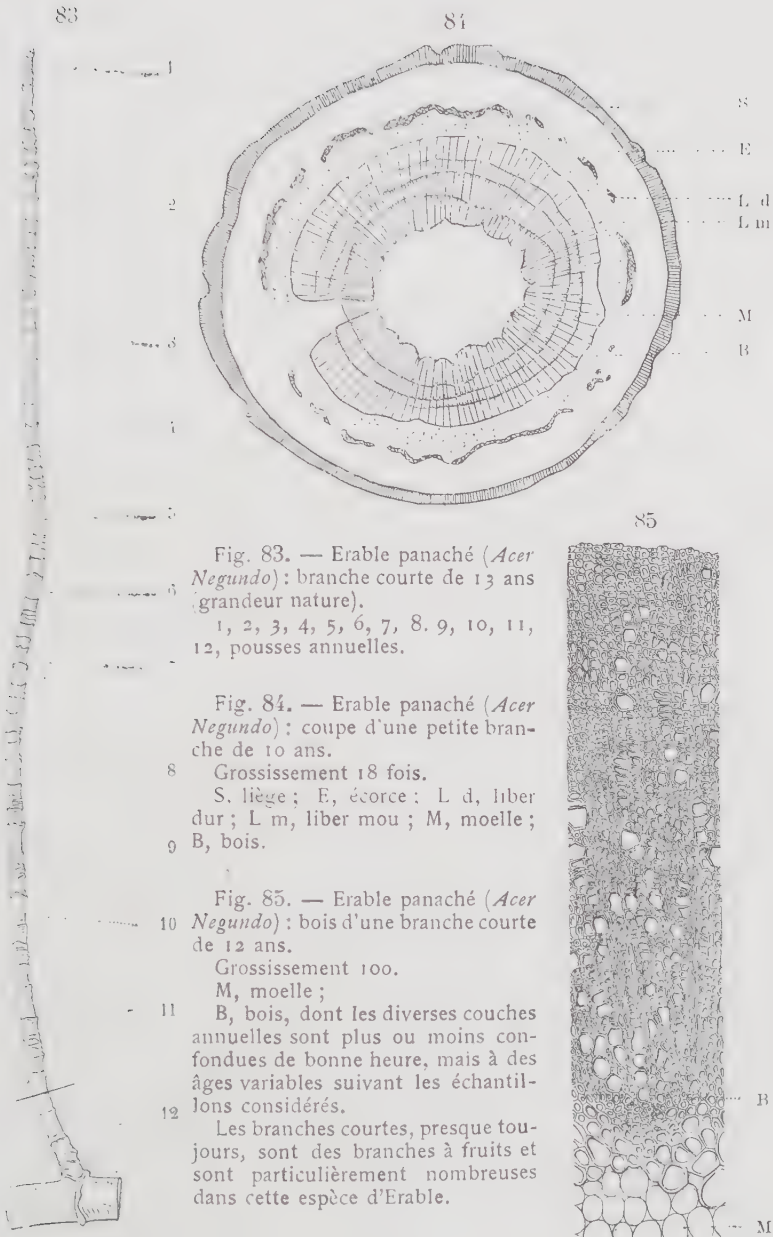


Fig. 83. — Erable panaché (*Acer Negundo*): branche courte de 13 ans (grandeur nature).

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, pousses annuelles.

Fig. 84. — Erable panaché (*Acer Negundo*): coupe d'une petite branche de 10 ans.

8 Grossissement 18 fois.

S, liège; E, écorce; L d, liber dur; L m, liber mou; M, moelle; 9 B, bois.

Fig. 85. — Erable panaché (*Acer Negundo*): bois d'une branche courte de 12 ans.

Grossissement 100.

M, moelle;

11 B, bois, dont les diverses couches annuelles sont plus ou moins confondues de bonne heure, mais à des âges variables suivant les échantillons considérés.

12 Les branches courtes, presque toujours, sont des branches à fruits et sont particulièrement nombreuses dans cette espèce d'Erable.

gemmaires persistent longtemps. Le bourgeon terminal est petit.

Une coupe passant à la base de la branche figurée ci-dessous (fig. 82) présente un liège assez épais; une écorce bien développée; de petits îlots de fibres et de cellules scléreuses entourent le liber dont les cellules forment des fibres serrées les unes contre les autres. Le bois formé de vaisseaux et de fibres est parcouru par un nombre relativement petit de rayons médullaires. Mais, alors que dans le bois normal de Châtaignier les accroissements sont très apparents, dans celui de la branche courte ils ne sont visibles que pendant les dix premières années environ. Ensuite les couches annuelles sont sensiblement uniformes, les vaisseaux et les fibres étant disposés d'une façon irrégulière (fig. 4, pl. XXIV).

La moelle est lignifiée et ne présente rien de particulier.

Erable panaché (*Acer Negundo*)

Les branches courtes d'Erable, lors même qu'elles sont âgées et formées d'un assez grand nombre de pousses annuelles, ont toujours un faible diamètre (fig. 83). La pousse annuelle, longue d'environ dix millimètres dans les exemplaires typiques, porte des bourrelets annulaires correspondant aux traces de feuilles opposées. Quelquefois à leur aisselle sont de petits bourgeons avortés. Les cicatrices gemmaires d'un même bourgeon ne restent pas aussi rapprochées les unes des autres que dans les branches courtes des autres arbres : une légère croissance intercalaire les sépare, si bien qu'on pourrait à première vue les confondre avec les traces foliaires.

Le bourgeon terminal est de petite taille.

Sur une coupe passant au niveau de la portion âgée de 12 ans d'une branche courte (fig. 84), on voit un liège normal, une écorce formée de cellules arrondies, des arcs de liber dur à la limite de l'écorce et du liber mou. Ce dernier est normal et formé de tubes criblés et de parenchyme. Le bois (fig. 85) comprend des vaisseaux et des fibres disposés en files radiales juxtaposées. Les vaisseaux dont le diamètre est faible, sont quelquefois groupés en petit nombre dans le sens radial, le plus souvent disposés sans ordre au milieu des fibres.

Les accroissements sont peu nets après la cinquième année (fig. 2, pl. XXIII), parfois même dès la deuxième année.

Les rayons médullaires sont assez nombreux et étroits ; leurs cellules sont de petite taille ; la moelle n'est pas lignifiée.

Frêne (*Fraxinus excelsior*)

Il est rare de trouver sur cette essence des branches courtes âgées ; les arbres normaux et vigoureux n'en portent presque pas ; seuls, en portent en grand nombre, les arbres vieux ou placés dans des conditions de nutrition défectueuse.

La figure 86 représente une branche courte âgée de dix-neuf ans. Ses pousses annuelles, longues de 25 à 40 millimètres, portent des traces foliaires très apparentes et des cicatrices gemmaires bien visibles. De petits bourgeons axillaires persistent longtemps au-dessus des traces foliaires, mais ne se développent jamais. Le bourgeon terminal est court et pointu.

Les pousses annuelles sont, dans ces branches courtes, plus développées que chez les mêmes organes des autres arbres ; aussi leurs zones ligneuses annuelles sont-elles plus longtemps visibles ; bien que leur épaisseur soit réduite, on peut les compter jusqu'à la quinzième année environ. Les gros vaisseaux y forment des arcs concentriques assez réguliers et sont limités au bord interne où ils sont disposés sur une seule rangée dans laquelle ils sont rarement accolés.

Dans les premières années, les vaisseaux de taille un peu moindre sont presque toujours groupés en files radiales. Le tissu fibreux est assez dense et les rayons médullaires sont très nombreux et très étroits.

Cette structure, quoique assez spéciale, se rapproche pourtant bien davantage du bois de Frêne normal que le bois des branches courtes du Hêtre, par exemple, de celui des branches longues normales de cette essence. Cela tient surtout à la plus grande vigueur des pousses annuelles dans les branches courtes du Frêne.

Toutefois chez des arbres souffreteux, on rencontre des branches courtes, faibles, et dont la coupe ne présente qu'une

ou deux couches nettes, les autres restant indistinctes, comme dans les arbres précédents.

Souvent, sur les souches coupées en têtard, on trouve des branches à bois de courte durée, portées par les pousses de remplacement vigoureuses. Ces productions naissant à la base des pousses vigoureuses sont de bonne heure privées de lumière par les parties supérieures à feuillage dense. Elles passent rapidement à l'état de vie ralentie et l'épaississement annuel cesse. Une telle branche courte présente deux à trois couches concentriques ligneuses, quel que soit son âge, à partir de trois ou de quatre ans.

Beaucoup d'autres arbres ou arbrisseaux ont ainsi des branches courtes à bois. Je citerai simplement le Nerprun (*Rhamnus Frangula*), qui porte de nombreuses brindilles fines et effilées dont la croissance se ralentit vite pour cesser tout à fait. Les couches concentriques cessent d'être visibles vers la 5^e année.

Marronnier (*Æsculus hippocastanum*)

Il n'existe pas de branches courtes sur les arbres jeunes de cette espèce quand ils peuvent se développer librement. On n'en trouve que sur les arbres gênés dans leur croissance par exemple par le voisinage des grands arbres. Dans ce cas, les branches courtes (fig. 87) sont nombreuses et atteignent parfois un âge assez considérable. J'ai trouvé en particulier sur un Marronnier ayant poussé à l'abri de grands Hêtres des branches courtes de plus d'un mètre de long dont les cicatrices gemmaires n'étaient nettement visibles que jusqu'à la cinquante-sixième année environ ; au-delà elles avaient été détruites, grâce à l'exfoliation des couches subéreuses et à l'action des agents extérieurs. Mais d'après la longueur moyenne des pousses annuelles et la longueur de la portion de branche dépourvue de cicatrices gemmaires il fallait au moins attribuer à la branche un âge d'une douzaine d'années plus élevé.

Sur une coupe faite à la base d'une semblable branche on remarque un liège très peu épais, une écorce bien développée, une mince bande continue de fibres et cellules scléreuses péricy-

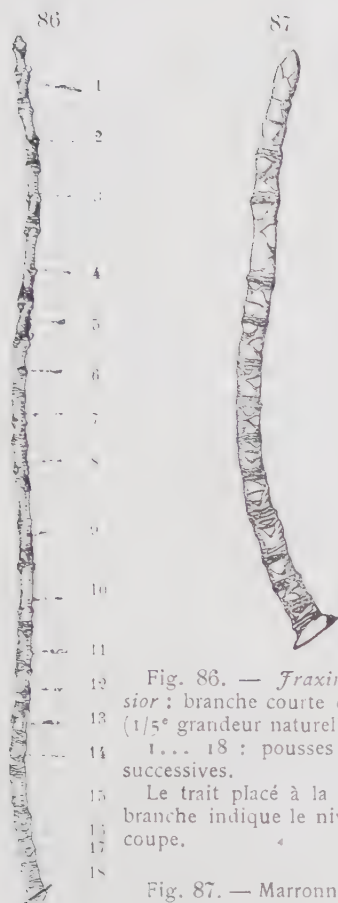


Fig. 86. — *Fraxinus excelsior* : branche courte de 19 ans (1/5^e grandeur naturelle).

1... 18 : pousses annuelles successives.

Le trait placé à la base de la branche indique le niveau de la coupe.

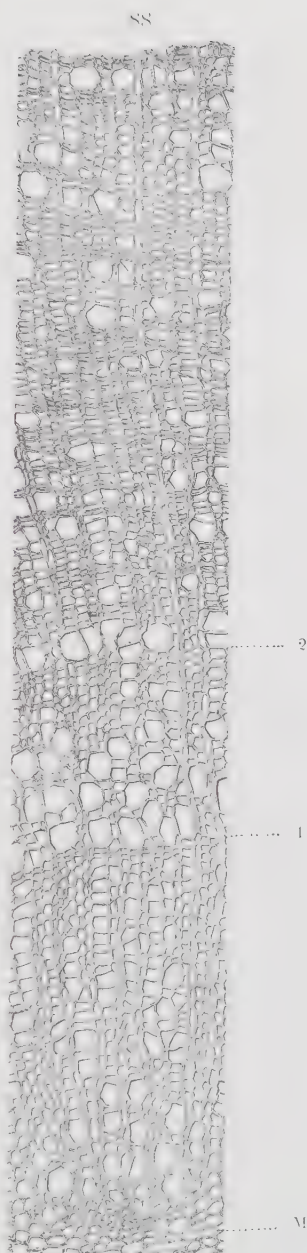
Fig. 87. — Marronnier : branche courte de 14 ans (1/2 grandeur nature).

Fig. 88. — Marronnier : bois d'une branche courte de plus de 60 ans.

1 et 2, bois de première et deuxième années; M, moelle. Grossissement 100.

A partir de la 2^e année, les couches ligneuses annuelles deviennent indistinctes et les vaisseaux sont aplatis tangentiellement d'autant plus que la pousse de l'année a été plus faible.

Cette coupe a été faite sur une tige âgée de plus de 50 ans, venue dans un sous bois et par suite insuffisamment éclairée pour prendre son allongement normal,



cliques, un liber très fortement comprimé; le bois (fig. 88) très homogène est formé de files radiales de vaisseaux et de fibres séparées par de nombreux rayons médullaires très fins (une seule rangée radiale de cellules). Les vaisseaux sont souvent groupés par 2-8 en files radiales, les fibres ont une paroi mince; les couches annuelles sont visibles seulement pour les deux ou trois premières années. Au centre de la coupe, la moelle, non lignifiée, occupe une surface relativement grande (fig. 1, pl. XXV).

Dans les Marronniers très âgés, venus normalement, on rencontre toujours des petites branches retombantes, en général assez longues. Les unes sont formées de sympodes successifs unilatéraux ou alternants de façon irrégulière; les autres sont des petites branches mixtes, ou les parties sympodiques alternent avec des parties à croissance indéfinie. Dans ces branches, les couches concentriques restent plus longtemps distinctes (5 à 12 ans); plus tard cela se passe comme dans les branches courtes précédemment décrites.

Noyer (*Juglans regia*)

Le Noyer présente, à un âge suffisamment avancé, des branches sympodiques plus ou moins retombantes. J'ai étudié plus particulièrement deux de ces branches, âgées, la première, de 12 ans; la seconde, de 11 ans.

Dans la première comme dans la seconde, on distinguait nettement quatre couches concentriques, où l'aplatissement tangentiel des fibres ligneuses était très prononcé. A partir de la 4^e année, les couches concentriques étaient indistinctes.

La dorsiventralité des couches était de même sens, car dans les deux cas le sympode était unilatéral.

Les vaisseaux étaient remplis de thylls dans les bois anciens; il y en avait même dans la couche la plus externe, sauf au voisinage du liber, montrant ainsi que seuls les vaisseaux les derniers formés restaient chargés de la conduction, très réduite d'ailleurs.

Le bois primaire était en partie nécrosé et par conséquent distinct par là même.

Légumineuses arborescentes

J'ai recherché si, comme l'a dit Van Tieghem (26), les couches concentriques ligneuses, très nettes dans le *Gleditschia triacanthos*, le *Caragana*, etc., ou bien si, comme l'a prétendu Chalon (69), elles sont au contraire toujours faciles à saisir sous le microscope.

Le *Gleditschia triacanthos* possède des branches retom-bantes à ramification sympodique dont la structure est très intéressante (fig. 2, pl. XXII). La couche ligneuse de première année seule est bien délimitée et possède la structure habituelle ; le reste des bois comprend des couronnes de vaisseaux disposés avec une certaine régularité, mais elles n'ont pas de rapport constant avec le nombre des années.

Les vaisseaux du bois sont encadrés, la première année, par des bandes rayonnantes de fibres spéciales aux Légumineuses. Ceux des années suivantes sont entourés d'îlots ou de plages fibreuses à disposition toute différente, et disséminés d'une façon irrégulière dans les couches ligneuses, ou alternant avec elles.

Dans des branches, âgées de 8 ans, du *Caragana* (fig. 1, pl. XXII), les couches concentriques sont distinctes d'abord, puis au bout d'un nombre variable d'années, la distinction devient indistincte, même au microscope. Les fibres, d'abord rayonnantes, finissent par former des plages ou des îlots irréguliers, alternant avec les bois eux-mêmes irrégulièrement disposés en bandes.

Chez l'Ajonc âgé, le *Spartium junceum* (fig. 3, pl. XXII), les *Genista anglica* et *candicans*, etc., (du moins chez les nombreux exemplaires que j'ai examinés), je n'ai pas observé de distinctions nettes entre le bois de printemps et le bois d'automne, et je puis confirmer sur ce point les observations de Van Tieghem. Les fibres spéciales, typiques dans l'Ajonc, le sont moins chez le *Spartium junceum*. Les plages sont très inégales et très irrégulièrement distribuées. Rares la première année de végétation, elles vont en augmentant, atteignent bientôt un maximum pour diminuer ensuite, au fur et à mesure que la

branche vieillit et que les couches concentriques perdent de leur netteté.

Chez le *Cytisus Laburnum*, on trouve des petites branches fruitières ayant une certaine analogie de forme avec celles des Rosacées à pépins et portant comme elles de gros bourgeons à fleurs. La structure de ces petites branches âgées de cinq ans (fig. 4, pl. XXV) est assez voisine comme disposition de celle des branches sympodiques du *Gleditschia*. Il y est difficile, à

89

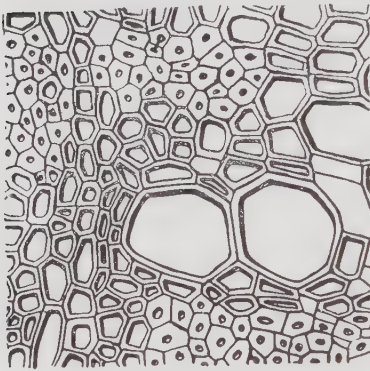


Fig. 89. — *Cytisus laburnum*. Petite branche. Portion du bois et des fibres ligneuses.

90

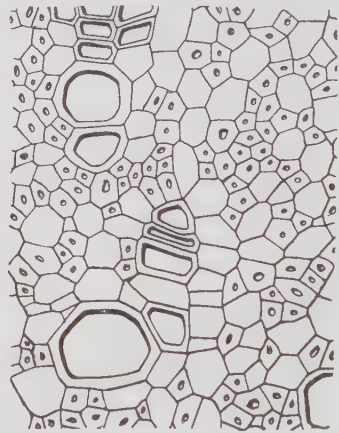


Fig. 90. — *Ononis reclinata*. Racine. Portion du bois et des fibres ligneuses.

la 2^e année et au-delà, de distinguer les limites du bois de printemps et du bois d'automne, et les fibres se répartissent en plages ou en îlots irréguliers.

Ces fibres (fig. 89) ont la structure assez caractéristique des fibres des Légumineuses herbacées (fig. 90).

Conifères

J'ai étudié également les différentes branches d'un certain nombre de Conifères ; elles présentent entre elles des différences de même ordre que les branches des arbres précédents,

Ginkgo (*Ginkgo biloba*)

Le Ginkgo porte des branches courtes de forme très spéciale : elles sont de petite taille et leur diamètre est plus grand à leur partie terminale qu'à leur base. Les pousses annuelles sont réduites, les pousses gemmaires peu marquées se confondent avec les traces foliaires, aussi est-il impossible de savoir l'âge d'une telle branche (fig. 91) en comptant ses pousses annuelles comme il est généralement facile de le faire pour les branches courtes des autres arbres.

Examinons une coupe faite dans la région terminale de la branche courte (fig. 91 et 92). On y trouve un liège bien développé, une écorce épaisse, un liber normal, un bois uniforme très peu épais et un parenchyme médullaire assez abondant (fig. 93).

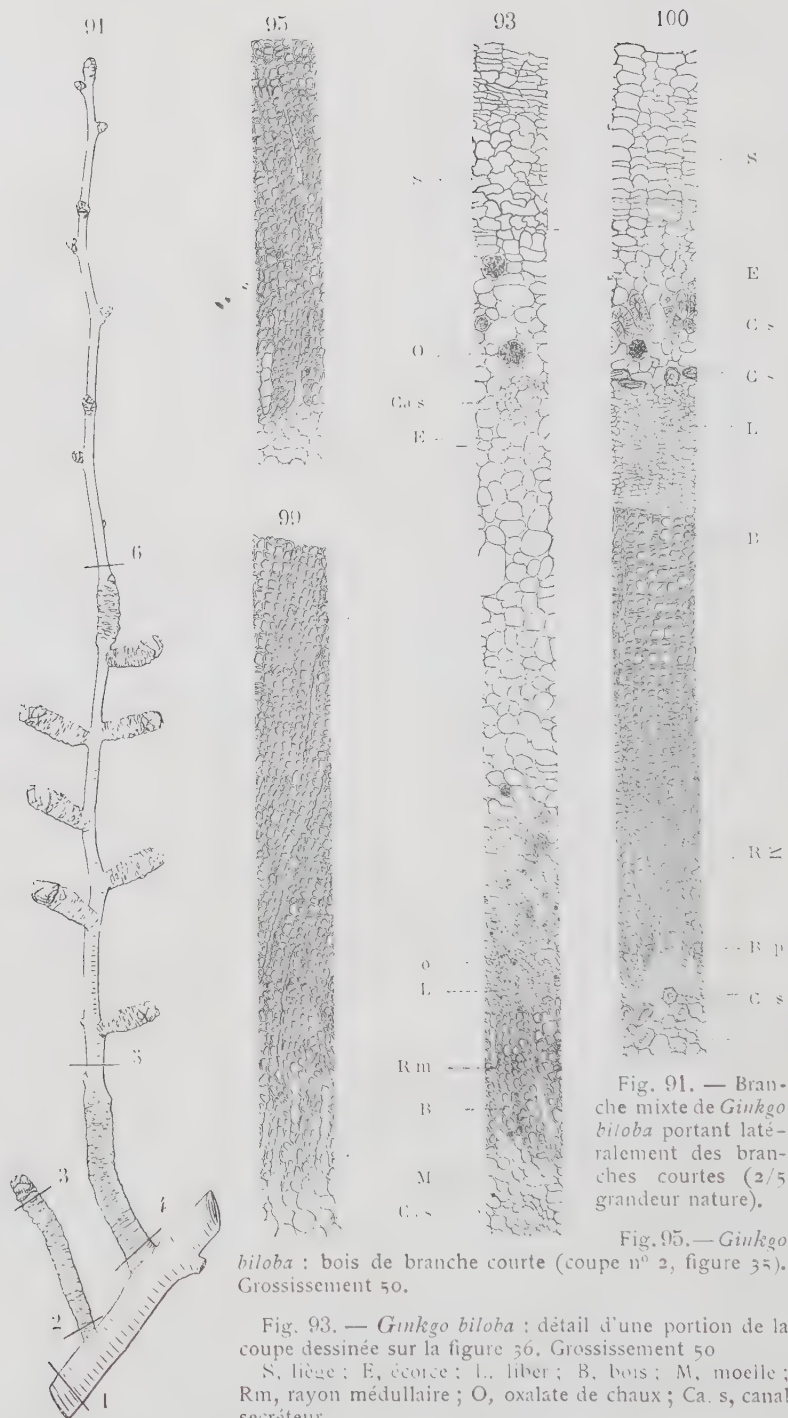
Une coupe passant à la base de la même branche courte (fig. 94) a un diamètre plus petit que le précédent ; le liège et l'écorce y sont épais ; quelques paquets de fibres existent à la périphérie du liber ; le bois, un peu plus épais que dans la coupe précédente est uniforme ; aucune différenciation annuelle n'y est visible ; ses rayons médullaires sont nombreux et étroits (fig. 95).

La figure 91 représente une portion de branche mixte principale portant une branche courte et une branche mixte secondaire ; celle-ci est typique et formée de deux séries de pousses courtes alternant avec deux pousses longues.

J'ai fait des coupes dans la branche mixte principale (fig. 96), à la base de la branche mixte secondaire, au niveau de la première pousse longue et dans la pousse terminale.

Dans ces différentes coupes, le liège, l'écorce et le liber ne présentent anatomiquement rien de particulier. Le bois, au contraire, présente des caractères variables suivant la coupe considérée.

Dans les coupes passant à la base des branches mixtes (fig. 97 et 98), les couches annuelles du bois sont visibles pendant les premières années, mais ensuite leur nombre est très inférieur au nombre des pousses annuelles successives, si bien qu'il n'y a plus aucun rapport entre le nombre des zones ligneu-



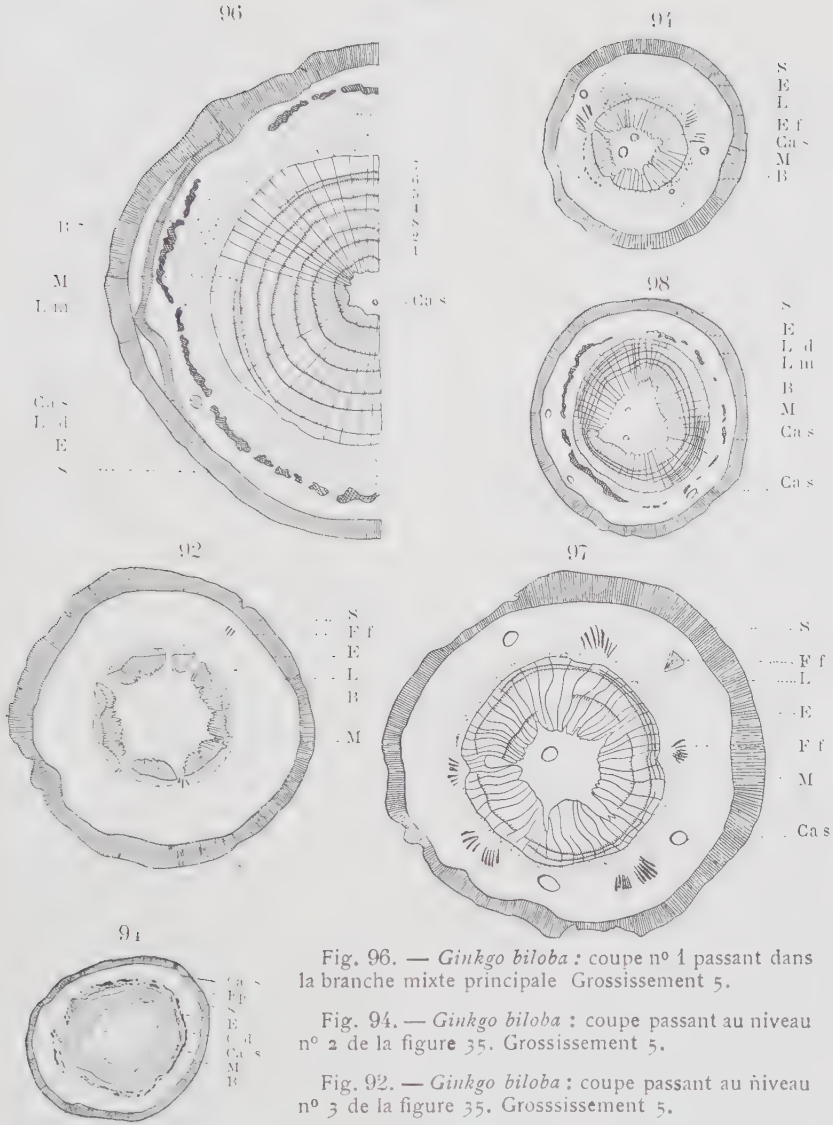


Fig. 96. — *Ginkgo biloba* : coupe n° 1 passant dans la branche mixte principale. Grossissement 5.

Fig. 94. — *Ginkgo biloba* : coupe passant au niveau n° 2 de la figure 35. Grossissement 5.

Fig. 92. — *Ginkgo biloba* : coupe passant au niveau n° 3 de la figure 35. Grossissement 5.

Fig. 97. — *Ginkgo biloba* : coupe passant par le niveau n° 4 de la figure n° 35. Grossissement 5. — Ca s, canaux sécréteurs ; F f, faisceaux foliaires.

Fig. 98. — *Ginkgo biloba* : coupe passant au niveau n° 5 de la figure 35. Grossissement 5.

Fig. 94. — *Ginkgo biloba* : coupe faite dans la pousse terminale au niveau n° 6 de la figure 35. Grossissement 5. Mêmes lettres que dans les figures précédentes.

ses distinctes et l'âge réel de la branche mixte considérée. On vérifiera facilement ce fait en comparant ces figures 97 et 98. Dans la première le nombre des zones distinctes est plus faible que dans la seconde bien que cette coupe passe dans une région beaucoup plus âgée.

Si l'on examine ces coupes à un fort grossissement (fig. 99 et 100) on remarque surtout une grande homogénéité du bois dans lequel se trouvent des rayons médullaires étroits et plus ou moins sinueux.

Cèdre (*Cedrus Libani*)

Le Cèdre porte des branches courtes dans lesquelles on constate un développement bien marqué de l'écorce et une réduction des couches annuelles ligneuses ; au bout de quelques années le bois devient sensiblement uniforme.

COMPARAISON ENTRE LES BRANCHES COURTES DES DIVERS ARBRES

Dans l'étude sommaire qui vient d'être faite, on a pu remarquer que les caractères des branches courtes sont sensiblement constants et ne présentent que des différences de détail. A des pousses annuelles réduites et non ramifiées correspondent des tissus formés d'éléments plus petits. En général, le bois ne présente des couches annuelles bien marquées que pendant les premières années ; cependant plus les pousses sont longues et plus est longue la période pendant laquelle on peut déterminer l'âge de la branche. Au bout d'un certain temps, le bois devient sensiblement uniforme et l'âge de la branche est alors indéterminable.

L'âge approximatif au-dessus duquel les couches annuelles du bois deviennent indistinctes est le suivant pour les arbres étudiés : Frêne, 15 ans ; Châtaignier et Marronnier, 10 ans ; Aliziers, 8-9 ans ; Erable et Charme, 8 ans ; Bouleau, 7 ans ; Hêtre, 6 ans ; *Ginkgo*, 2 ou 3 ans ; *Gleditschia*, un an. Chez l'Ajonc, et quelques autres Légumineuses, la distinction ne s'effectue, d'une façon nette, à aucune période de leur existence, même dans les branches longues à bois,

COMPARAISON ENTRE LES BRANCHES COURTES ET LES BRANCHES LONGUES

Il suffirait de répéter ici les résultats indiqués plus haut pour le Hêtre. Aux différences de grandeur absolue entre tous les éléments des deux branches il faut ajouter les différences dues aux variations dans l'importance relative des tissus dans les deux branches.

Dans les branches longues le bois prédomine au détriment des parenchymes et occupe vers la quinzième année les 9/10^{es} de la coupe. Quand la branche longue vieillit, ce rapport augmente légèrement ; sa disproportion entre l'écorce et le bois est considérable sur de gros troncs de vieux arbres (Hêtre, Charme, etc.).

L'emboîtement des cônes est la règle dans toutes les branches longues des arbres que j'ai étudiés ici, tant que la croissance en longueur s'effectue d'une façon suffisante, ce qui a lieu pendant une très longue période pour la plupart des arbres de nos pays venant dans des conditions de vie normales.

Le bois occupe un volume bien moindre dans la branche courte, et les parenchymes sont relativement plus développés que dans la branche longue.

Il n'y a plus d'emboîtement des cônes chez la petite branche qui a une forme presque cylindrique, toujours plus ou moins irrégulière, ainsi qu'on peut en juger par l'examen des figures 52, 53, 67, 75, 81, 83, 86 et 87.

Je donnerai pour un certain nombre de branches courtes les rapports des longueurs radiales moyennes occupées par chaque tissu au rayon moyen de la coupe et je les comparerai ensuite à ceux de même ordre d'une branche longue de Hêtre âgée de seize ans. Je n'indiquerai point pour chaque arbre les rapports correspondants dans les branches longues pour simplifier ce tableau. Les chiffres que je pourrais donner sont sensiblement les mêmes que ceux du Hêtre et n'apprendraient rien de nouveau.

D'après les chiffres du tableau, l'on verra que dans des branches courtes d'âge quelconque le tissu vasculaire est réduit

et occupe à peine la moitié du diamètre de la coupe. Au contraire le liber et surtout les parenchymes sont relativement développés. Dans les branches longues de même âge, il existe un rapport inverse, les parenchymes étant considérablement réduits par rapport au tissu vasculaire.

ARBRES	AGE de la coupe	MOÛLE	BOIS	LIBER mou	LIBER dur	ÉCORCE	LIÉE
Branches longues							
Hêtre	16 ans	0,08	0,87	0,03	0,014	0,024	0,009
Branches courtes							
Hêtre	16 ans	0,18	0,41	0,09	0,03	0,13	0,12
Charme	10 ans	0,18	0,47	0,09	0,041	0,13	0,05
Bouleau	8 ans	0,139	0,43	0,10	0,023	0,19	0,12
Erable	12 ans	0,28	0,36	0,10	0,026	0,15	0,06
Châtaignier . .	14 ans	0,17	0,46	0,14	0,01	0,14	0,06
Sorbier Aria . .	20 ans	0,21	0,39	0,14	0,01	0,21	0,02
S. Alisier	12 ans	0,15	0,42	0,11	0,04	0,21	0,04
Marronnier . .	plus de 60 ans	0,31	0,37	0,13	0,013	0,13	0,027
Ginkgo	1 an	0,28	0,12	0,05	» »	0,40	0,13
	n ans	0,20	0,24	0,06	0,01	0,32	0,13

COMPARAISON ENTRE LA STRUCTURE DES BRANCHES COURTES
ET CELLE DES BRANCHES MIXTES

Si la structure des branches mixtes dans leur jeune âge se rapproche plutôt de celle des branches longues, elle se rapproche au contraire de celle des branches courtes à un âge avancé. En effet leur croissance est alors très ralentie et les pousses annuelles

qui se succèdent sont toutes réduites ; par suite il y a prédominance des caractères de branche courte corrélatifs de la faible longueur des pousses. C'est naturellement le bois, tissu qui inscrit pour ainsi dire les variations de croissance de la branche, qui nous les montre : ses couches successives deviennent sensiblement uniformes et les zones annuelles n'y sont plus visibles.

IV. — Structure des racines de quelques arbres

Après avoir étudié la structure des diverses catégories de branches qui constituent l'appareil végétatif aérien des arbres de notre pays, je me suis demandé si l'appareil racinaire présentait aussi des structures différentes en rapport avec la valeur du géotropisme de ses parties et le rôle particulier qu'elles peuvent remplir chez quelques arbres (*).

J'ai observé des différences intéressantes entre les racines ordinaires qui ont pour rôle d'absorber la nourriture du sol et d'y fixer le végétal, les racines drageonnantes qui servent à la multiplication de certains arbres et les racines dites queues de renard qui se forment quand des racines ordinaires viennent à s'étendre librement dans une nappe d'eau (puisard, canalisation, tuyaux de drainage, ruisseaux).

Un certain nombre d'arbres peuvent présenter les trois catégories de racines que je viens d'indiquer. Tels sont les Peupliers. D'autres possèdent seulement les deux premières comme les Pruniers, etc. Mais l'immense majorité des arbres, dans les

(*) Des formations particulières et anormales ont d'ailleurs été constatées récemment (1915) chez des Monocotylédones par Buscalioni et Lopriore (72).

conditions de vie normale, n'ont qu'une seule sorte de racines, pivotantes ou fasciculées.

Peupliers

J'ai étudié en premier lieu le Peuplier Baumier, cultivé dans notre jardin d'Erquy, au voisinage d'un puits peu profond, à niveau d'eau presque constant.

Cet arbre présentait les 3 catégories de racines que je viens d'indiquer, car ses racines profondes avaient fini par pénétrer dans le puits et y former une queue de renard. Il m'a donc été facile d'étudier comparativement leur structure.

Le Peuplier, comme l'a indiqué Van Tieghem (26), possède dans ses branches longues des couches concentriques ligneuses où le bois d'automne se distingue seulement par l'aplatissement tangentiel des fibres ligneuses. Mais cette distinction est suffisamment nette dans le Peuplier Baumier, à un faible comme à un fort grossissement.

Dans les exemplaires âgés, l'on trouve des branches plus ou moins sympodiques, sortes de branches courtes, dont les pousses sont de plus en plus réduites. Dans l'arbre que j'ai étudié, une branche sympodique de huit ans avait trois couches concentriques ligneuses où le bois d'automne et le bois de printemps se distinguaient facilement, comme dans les branches courtes. Au-dessus de la 3^e couche se trouvait une quatrième formée dans les cinq années suivantes, mais où il n'y avait plus de distinction possible entre les bois des années successives. Cette structure est bien conforme à ce que j'ai dit à propos des autres arbres précédemment examinés.

J'ai étudié ensuite une racine verticale et ramifiée, âgée de deux ans, née sur une racine horizontale drageonnante à peu de distance d'un drageon de l'année. Cette racine avait un bois très serré, dur, avec fibres épaisses et très nombreuses. Les vaisseaux étaient très étroits, en files radiales, séparés par des rayons médullaires étroits. Deux couches concentriques ligneuses bien nettes indiquaient son âge.

La racine drageonnante, sur laquelle était insérée la racine précédente, avait une structure bien différente. Le bois était

beaucoup plus tendre, poreux et n'avait que des fibres à lumen plus large, beaucoup moins nombreuses que dans la racine verticale. Les vaisseaux du bois étaient très grands, très nombreux, irrégulièrement disposés. A l'œil nu, on les apercevait avec facilité sur une coupe mince. On distinguait vaguement, à un grossissement convenable, deux couches concentriques ligneuses dans la coupe transversale et pourtant cette racine avait au moins cinq ans d'existence, car depuis cette date, j'avais supprimé chaque année ses drageons au voisinage du point où je l'ai coupée.

On peut donc conclure déjà que, dans les racines drageonnantes de cet arbre, le nombre des couches concentriques ne correspond point à l'âge de ces organes.

Il y avait encore d'autres différences. La racine verticale avait une structure à symétrie axiale. La racine drageonnante était à symétrie bilatérale et présentait un dos et un ventre, assez peu prononcés, sauf dans les parties voisines des drageons où ceux-ci avaient amené la formation d'un dos épais avec une couche concentrique des plus nettes.

Ces racines drageonnantes portent aussi de petites racines naissant dans toutes les directions et qui les nourrissent directement dans les couches superficielles du sol où elles se trouvent.

La racine queue de renard était aussi âgée de cinq ans au moins, car elle avait été coupée 5 ans avant au moment du curage du puits. Quand je l'ai fait prendre, j'ai eu soin de faire couper la queue de renard au-dessus de l'insertion des racines de remplacement, c'est-à-dire que j'ai eu ainsi à ma disposition celles-ci et une portion de l'ancienne queue de renard, dont l'âge minimum était ainsi parfaitement établi.

En coupe transversale, les coupes effectuées au-dessus et au-dessous de la section m'ont fourni une structure semblable. Le bois, très mou et très vascularisé, très peu fibreux, avait des vaisseaux d'un diamètre plus grand encore que dans la racine drageonnante. La structure était absolument uniforme et il n'y avait aucune distinction possible entre le bois de printemps et le bois d'automne. La symétrie était axiale sensiblement.

On voit, par l'étude comparative de ces trois catégories de racines, que le géotropisme de l'organe et sa fonction ont une

influence considérable sur sa structure; que l'apparition de pousses feuillées sur un seul point de la racine suffit à provoquer la formation d'une dorsiventralité plus ou moins accusée suivant la capacité fonctionnelle de la pousse; enfin que c'est aux variations saisonnières du régime de l'eau qu'il faut attribuer l'apparition de bois de printemps et de bois d'automne différents et des couches concentriques ligneuses puisque dans les racines queues de renard, placées dans un milieu constant comme absorption de l'eau, on trouve un bois à structure absolument uniforme.

Chez le Peuplier suisse (*Populus virginiana*), j'ai trouvé des racines drageonnantes, avec drageons âgés de deux ans, dont l'épaisseur était plus faible entre la dérivation et l'arbre qu'au-delà de celle-ci. La disposition présentée par ces racines rappelait celle que j'ai figurée dans les tiges rampantes de l'*Obione* (fig. 2). En outre, au-delà de la dérivation, la racine drageonnante avait été blessée à diverses reprises et assez profondément.

Tandis que les racines ordinaires, verticales ou obliques, avaient des vaisseaux en files radiales, de nombre moyen, entremêlés de fibres ligneuses épaisses, dures et très nombreuses, les racines drageonnantes avaient des vaisseaux plus nombreux et très grands, à diamètre au moins double des premiers.

Dans les échantillons où la racine drageonnante avait été blessée, les thylls étaient d'une abondance considérable, sauf dans le bois jeune formé par les pousses du drageon. Les échantillons sans blessures avaient leurs vaisseaux dépourvus de thylls.

La symétrie bilatérale et les couches concentriques étaient nettes, et plus accentuées lorsque le drageon avait une grande vigueur.

La dureté différente des racines ordinaires et des racines drageonnantes était sensible au rasoir et même au couteau, et la différence de porosité sensible même à l'œil nu comme dans le Peuplier Baumier.

Quand on compare les racines drageonnantes du Prunier aux racines ordinaires, on trouve des différences de même ordre, mais moins tranchées.

J'ai remarqué, comme je le ferai ressortir pour d'autres

plantes dans la partie expérimentale de ce travail, que la suppression, en pleine végétation, des drageons ne provoque pas, dans la racine horizontale les reliant à la tige principale, la formation de couches concentriques ligneuses supplémentaires.

Cela n'a rien d'extraordinaire, car cette partie joue seulement un rôle d'union et est à l'état de vie presque ralentie.

Le *Robinia* possède également des racines drageonnantes dont la structure varie suivant l'âge et la vigueur du drageon auquel elles ont donné naissance.

Chez une de ces racines âgée de 3 ans, un drageon de taille moyenne s'était développé en se ramifiant. La racine qui le portait présentait deux parties de même âge; l'une, grosse, correspondait à la partie extérieure du drageon, chargée de l'absorption spéciale à celui-ci; l'autre, petite, correspondait à la partie de la racine drageonnante formant trait d'union entre le drageon et le pied mère. Celle-ci était à l'état de vie ralentie.

La structure de ces racines possédait tous les caractères des racines drageons avec une écorce épaisse, un bois à larges vaisseaux irrégulièrement disposés, entremêlés de fibres peu nombreuses et d'autant moins épaisses qu'elles étaient plus près du centre. Leur disposition et leur forme étaient différentes de celles qu'on trouve ordinairement dans le bois des Légumineuses. Le caractère adaptatif l'emportait alors sur le caractère spécifique.

Les racines drageonnantes portant des drageons plus âgés avaient une structure qui, avec l'âge, se rapproche davantage du type normal. Cependant, l'on n'y distingue pas de couches concentriques ligneuses, tandis que le drageon en est pourvu.

Dans les racines drageonnantes de l'*Ailanthus glandulosus*, les différences sont moins marquées que dans les plantes précédentes, bien qu'elles soient encore assez sensibles.

Les vaisseaux ligneux sont plus grands et plus nombreux, mais la dureté se rapproche de celle de la tige drageon et l'on y trouve des couches concentriques au voisinage de celle-ci. La séparation du drageon s'était faite de bonne heure dans l'exemple que j'ai examiné. Peut-être est-ce à cette séparation précoce qu'il faut attribuer la formation de couches concentriques,

la plante se trouvant ainsi de bonne heure dans les conditions d'une plante ordinaire.

V. — Structure secondaire des feuilles

Les feuilles peuvent, en certains cas, présenter une structure secondaire plus ou moins prononcée. Telles sont certaines feuilles persistantes. Comme il s'agit d'organes à développement presque achevé la première année de leur formation, on ne peut guère s'attendre à trouver chez les feuilles des couches concentriques ligneuses nombreuses et bien distinctes. Je ne dirai donc que quelques mots sur la structure de leur pétiole où les formations secondaires sont en général le mieux développées.

Les feuilles de *Camellia* sont celles chez lesquelles on trouve des couches concentriques le plus nettes, mais naturellement en petit nombre. Un ou deux arcs ligneux très peu épais, mais dont le premier peut être formé de bois de printemps et de bois d'automne distincts, existent dans les feuilles âgées. Toutefois le nombre de ces arcs ne correspond pas avec l'âge.

De même, on trouve dans les pétioles de certaines feuilles âgées (cinq ans) de *Raphiolepis* le bois secondaire ordinaire du pétiole, au-dessus duquel il y a un arc faible de bois distinct du bois d'automne précédent. Mais cet arc n'existe pas dans toutes les feuilles de cet âge.

La grande majorité des feuilles persistantes n'a pas de couches concentriques dans le pétiole, ou dans la nervure principale s'il s'agit de feuilles sessiles, soit que l'accroissement en épaisseur n'ait pas lieu, soit qu'il se fasse par le procédé particulier qu'a décrit Tizon chez les Conifères (70).

Il résulte de là qu'on ne peut jamais reconnaître l'âge

exact d'une feuille persistante en comptant le nombre des couches concentriques de ses bois secondaires.

En résumé, on peut tirer de cette étude sur la structure comparée des arbres de notre pays les conclusions suivantes :

Les six catégories de branches que portent certains arbres, et dont j'ai défini les caractères externes spéciaux, diffèrent par leur port et leur structure. Les branches longues à bois ont un bois très développé à structure parfois caractéristique de l'arbre considéré. Dans les branches mixtes âgées, longues ou courtes, dans les petites branches à bois de courte durée et surtout dans les branches fruitières et les branches épines, le tissu vasculaire, relativement réduit, ne présente plus aucun caractère anatomique spécifique et les couches annuelles sont indistinctes, à partir d'un certain âge.

Les branches courtes sont rares sur les arbres jeunes ; cependant ceux qui ont été gênés dans leur développement, pour une raison quelconque, en portent un certain nombre.

Ces formations sont de plus en plus fréquentes à mesure que l'arbre vieillit, et à son déclin, elles constituent presque exclusivement ses seules productions. Il en résulte que les couches annuelles du tronc sont de moins en moins épaisses, deviennent de moins en moins distinctes et que finalement il est très difficile, sinon impossible, de déterminer avec certitude l'âge de l'arbre.

Si à ces causes d'irrégularité des formations ligneuses on ajoute celles bien connues provenant des variations climatologiques, des destructions de branches, on est autorisé à conclure qu'il est impossible de fixer avec précision, non seulement l'âge des branches courtes et celui des branches mixtes, mais encore celui des arbres très âgés, tant d'après leurs caractères extérieurs que d'après leurs caractères anatomiques.

Dans certains cas on serait amené à leur donner un âge exagéré ; beaucoup plus fréquemment on leur attribuerait un âge inférieur à celui qu'ils ont en réalité.

On peut trouver, dans quelques arbres, des structures différentes dans les racines quand celles-ci sont adaptées à des fonc-

tions spéciales (multiplication par drageons) ou rencontrent des conditions de vie particulières (vie anormale dans l'eau).

En un mot, les conditions de vie ne sont pas les mêmes pour les diverses catégories d'organes d'une même plante : c'est pour cela que les structures de ceux-ci sont différentes et c'est une preuve de plus de l'influence de l'écologie sur la structure secondaire des Dicotylédones.

L'emboîtement des cônes n'existe que si la croissance est suffisamment rapide et que si les produits plastiques fabriqués par les feuilles sont en assez grande abondance pour se répartir dans tous les organes de la plante.

Ainsi s'expliquent :

1° Que, au moment de leur croissance active en longueur, le tronc et les grosses branches et en général tous les organes vigoureux, à croissance rapide, prennent seuls la forme conique, tandis que les petites branches et en général les organes faibles, à croissance lente et sensiblement égale ont la forme cylindrique, ou bien ont une forme irrégulière quand, par suite de leur croissance inégale suivant les années, elles présentent des parties minces et des parties plus épaisses.

2° Que, suivant le niveau de la coupe dans une petite branche, on trouve tantôt des couches distinctes, tantôt des couches indistinctes, en nombre variable et sans rapport avec l'âge. Cette irrégularité et ces différences sont comparables à celles de certains rhizomes et des tiges rampantes par rapport aux parties aériennes.



DEUXIÈME PARTIE

Anatomie expérimentale

La géographie botanique et la physiologie expérimentale ont montré que les plantes ont leurs optima fonctionnels caractéristiques, autrement dit que le développement et la conservation d'une espèce donnée s'effectuent d'autant mieux qu'elle rencontre des conditions de vie plus rapprochées de ce que Lucien Daniel (56) a appelé le milieu parfait.

Il est fort rare, et même presque impossible, qu'un végétal rencontre dans la nature actuelle ce milieu parfait où ses fonctions pourraient s'exercer avec le summum d'énergie et où il pourrait atteindre sa taille maxima et la longévité propre à son espèce.

Les hasards de la dissémination des graines ou de sa propagation par d'autres moyens naturels font qu'il est placé dans des conditions de vie plus ou moins favorables suivant les cas, mais toujours défectueuses à des degrés divers. Vivant alors en milieu imparfait, son développement harmonieux est contrarié en des sens divers. A l'équilibre de végétation succèdent des déséquilibres de nutrition accompagnés de souffrances et de variations de résistance. Sa taille maxima n'est pas atteinte et sa vie est abrégée.

Sous peine de mort rapide de l'être si les variations excès-

sives du milieu imparfait portent sur un seul végétal, sous peine de l'extinction de l'espèce si elles portent sur l'ensemble des individus, la plante, qui ne possède pas comme l'animal la faculté de se déplacer pour chercher de meilleures conditions de vie, doit à tout prix subir les exigences des milieux où elle est appelée à vivre. Elle ne peut le faire qu'en s'y adaptant.

L'observation journalière de la végétation qui nous entoure montre que la plante s'adapte en général avec une flexibilité et une plasticité surprenantes. C'est d'ailleurs un fait démontré par la formation de types spéciaux à des conditions de vie déterminées (végétaux aquatiques ou terrestres, xérophytes, halophytes, arctiques, alpins, etc.).

Toutefois, bien que les facultés d'adaptation des plantes soient très étendues, surtout chez certaines espèces, elles ont cependant des limites qu'elles ne peuvent dépasser sans mourir et qui correspondent à ce que Lucien Daniel a appelé les variations excessives. Ces limites sont naturellement variables suivant les espèces pour un même facteur ou pour un ensemble de facteurs et les individus d'une même espèce peuvent se comporter eux-mêmes d'une façon différente par rapport aux résistances.

Entre ces limites extrêmes et l'équilibre de nutrition s'exerce la lutte pour l'existence entre les espèces et les individus ; il suffit d'un changement, même léger, d'un seul facteur physique ou physiologique pour déterminer un déclenchement d'influences biologiques diverses dont les effets sont parfois des milliers de fois plus importants que l'action directe initiale (68).

Une des formes primordiales de la lutte de la plante contre les variations du milieu, celle que je me suis proposé d'étudier plus particulièrement au point de vue expérimental, c'est le passage de l'état de vie active à l'état de vie ralentie et inversement. L'on sait qu'un tel passage s'effectue normalement chaque année dans nos régions tempérées et qu'il a pour conséquence la formation de bois différents au printemps et à l'automne avec des couches concentriques ligneuses distinctes en certains cas et non dans d'autres, ainsi qu'il résulte des recherches exposées dans la première partie de ce travail.

Le passage à l'état de vie active ou de vie ralentie présente

la particularité curieuse de pouvoir se faire dans la plante ou seulement dans quelques-uns de ses organes si l'ensemble de ceux-ci ne rencontrent pas des conditions de vie identiques. C'est là un fait dont le physiologiste et l'anatomiste doivent tenir le plus grand compte quand il s'agit d'interpréter des structures anormales.

Or si un tel passage peut ainsi être produit par le jeu normal des milieux naturels actuels dans notre pays, il peut aussi être artificiellement provoqué à l'aide de divers procédés dont un certain nombre sont utilisés fréquemment dans l'horticulture courante.

Les résultats utilitaires ainsi obtenus, dans les limites des variations météorologiques annuelles indépendantes de l'agriculteur, sont bien connus des praticiens qui peuvent jusqu'à un certain point les escompter à l'avance. C'est sur leur connaissance qu'est basée la pratique agricole et horticole.

L'étude scientifique et raisonnée des changements que produit, de suite ou à la longue, l'emploi de ces procédés dans la structure des diverses plantes cultivées a été jusqu'ici assez négligée. En dehors des travaux de Lucien Daniel sur les résultats anatomiques de la taille des arbres, en vert ou en sec, du greffage et autres opérations horticoles, il existe peu de recherches sur ce point particulier. C'est à peine si, à cet égard, l'on s'est occupé des plantes herbacées.

Je vais essayer, dans la deuxième partie de mon travail, de combler quelque peu cette lacune. A cet effet, j'ai répété quelques-unes des expériences déjà faites sur les arbres de nos jardins, en les étendant beaucoup, et j'en ai institué de nouvelles. J'ai surtout expérimenté sur les plantes herbacées annuelles, bisannuelles, plurannuelles ou vivaces dont les structures spéciales me semblaient présenter un intérêt tout particulier.

J'ai examiné surtout ce qui se passe dans les tissus secondaires ligneux de ces plantes quand, luttant pour l'existence dans des conditions de vie rendues artificiellement défectueuses, elles passent à l'état de vie ralentie à une époque anormale ; quand, trouvant ensuite des conditions de vie meilleures, elles

repassent à l'état de vie active à plusieurs reprises au cours d'une même année.

J'ai recherché s'il était toujours possible d'obtenir dans le cours d'une même année plusieurs couches concentriques ligneuses ou d'en diminuer le nombre et dans quels cas la formule $n+1$ est applicable; de produire, soit du bois de rosette, soit du bois de fructification à volonté, indépendamment de rythmes spécifiques normaux de la végétation; de faire varier les proportions des tissus ligneux, leur disposition et la répartition de leurs divers éléments, etc. ; en un mot j'ai recherché s'il est possible de reproduire, et par quels procédés, les structures d'ordre écologique que j'ai décrites et figurées dans la première partie de cet ouvrage.

Les procédés dont je me suis servi peuvent se classer en deux grands groupes :

1° Ceux qui, agissant exclusivement sur le milieu extérieur, laissent la plante entièrement intacte;

2° Ceux qui, sans toucher au milieu externe, modifient la répartition des produits nutritifs par des mutilations diverses.



PREMIER GROUPE — Variations de structure causées par les changements du milieu extérieur

Parmi les facteurs morphogéniques qui constituent le milieu extérieur et qui se prêtent le mieux à une expérimentation méthodique, on peut citer la lumière ou radiation, d'une part, et l'eau ou véhicule des aliments solubles, d'autre part.

Radiation et aliment étant les principales sources de l'énergie chez les plantes, leurs variations ont une influence très marquée et bien connue sur les passages à l'état de vie active et de vie ralentie. Beaucoup de procédés utilisés en horticulture reposent sur les variations systématiques de ces deux facteurs, employés parfois isolément, mais le plus souvent d'une façon simultanée, et dont l'on peut combiner les effets de beaucoup de manières différentes.

La mise à l'ombre ou au soleil pour un certain temps, les plantations et les semis serrés ou espacés, les semis à contre saison, etc., sont des procédés qui font varier, à des degrés divers, la radiation incidente.

Les changements dans l'état hygrométrique de l'air, les arrosages, leur fréquence ou leur abondance, la nature des sols où l'on sème et plante, l'exposition, les labours, les engrais, les vents, etc., sont des facteurs qui font varier l'aliment et sa répartition.

Dans la très grande majorité des cas, les procédés agricoles mettent en mouvement plusieurs facteurs physiques ou physiologiques. Ainsi le facteur lumière est toujours accompagné du

facteur température, et tel procédé qui semblerait à première vue agir exclusivement sur la radiation agit en même temps sur le régime de l'eau et des substances solubles qu'elle entraîne avec elle.

Les changements que je vais décrire dans les structures secondaires ligneuses à la suite de l'emploi de tel ou tel de ces procédés devront donc être considérés plutôt comme une résultante, quelles que soient les précautions prises pour faire agir exclusivement l'un d'eux.

Cette restriction faite pour éviter toute interprétation trop exclusive de mes expériences, j'exposerai successivement mes recherches sur :

1° Les cultures en lumière atténuée par l'emploi d'écrans, par des plantations à des distances variables, par des semis serrés ou espacés, faits aux époques normales ou à contre saison, etc. ;

2° Les arrosages discontinus, rapprochés ou espacés, c'est-à-dire à intermittence de durée variable ; l'exposition aux vents ; les variations de niveau, etc.

I. — Cultures en lumière atténuée

On sait que, d'une façon générale, la lumière retarde la croissance en longueur et que les entrenœuds de la tige sont d'autant plus courts et les nœuds plus rapprochés que la radiation solaire est plus intense. C'est en réglant convenablement la radiation solaire que les horticulteurs arrivent, dans des cas déterminés, à obtenir des plantes trapues ou élancées, et parfois à nanifier quelques-unes d'entre elles.

Dans le but de favoriser la reprise après transplantation, ils placent souvent les végétaux en pots, à l'abri d'une haie ;

ou bien ils ombrent avec des paillassons, des claies, etc., les plantations récentes faites en pleine terre ou sous chassis. De même ils habituent progressivement les cultures à l'ombre à l'action de la pleine lumière.

Ils concentrent la lumière sur des plantes ou des parties de plantes qui, sans cela, recevraient des radiations solaires en quantité insuffisante pour vivre dans nos contrées, pour y donner un rendement rémunérateur ou pour y mûrir leurs fruits. Ce procédé leur sert encore, en culture forcée, pour obtenir des primeurs ou des fleurs à des époques où elles ne se rencontrent pas encore dans la nature.

Les recherches que j'ai faites sur l'action de la lumière atténuée ont été inspirées par la pratique horticole. On peut les diviser en deux catégories :

- 1° Celles qui ont porté sur les arbres ;
- 2° Celles qui concernent les plantes herbacées.

A) ARBRES ET ARBRISSEAUX

J'ai choisi comme sujets d'expériences le Pommier et le Lilas que je pouvais plus facilement me procurer et étudier chaque jour dans notre jardin.

1. POMMIER

Dans une première expérience, j'ai opéré sur un cent de jeunes scions ou baliveaux, tels qu'on les vend sur le marché de Rennes.

De ce paquet, j'ai fait deux lots égaux : cinquante furent plantés à 50 centimètres de distance les uns des autres, en pleine lumière ; les cinquante autres furent plantés à la même distance, mais à l'ombre d'une haie touffue qui leur cachait presque complètement le soleil de midi. Le terrain était de même nature dans les deux cas et préparé de la même manière.

J'ai constaté à la fin de l'expérience, que les scions du

premier lot s'étaient développés normalement avec quelques variantes individuelles de peu d'importance. Ceux du second lot étaient restés plus faibles et les différences individuelles étaient beaucoup plus accentuées; leurs pousses étaient plus faibles et d'autant moins développées qu'elles avaient reçu moins de lumière. Comme ce résultat est en opposition jusqu'à un certain point avec l'action de la lumière atténuée, il faut admettre qu'il est dû à la difficulté qu'éprouve la plante à fixer le carbone quand la lumière devient très faible et à la concurrence qui lui est faite par les racines des plantes composant la haie.

En outre les résistances au blanc du Pommier et aux pucerons étaient différentes suivant les individus et beaucoup moins fortes que chez les exemplaires du premier lot. Cela est conforme à ce que l'on sait à cet égard, car toute diminution, tout affaiblissement de l'organisme chez les végétaux comme chez les animaux est une porte ouverte par où pénètrent les parasites qui les guettent.

La coupe transversale de la tige des Pommiers du premier lot, âgée de deux ans à la fin de l'expérience, présentait, un peu au-dessus du collet, deux couches ligneuses concentriques très nettes, formées chacune d'un bois de printemps auquel se superposait un bois d'automne bien distinct. La couche de bois de deuxième année était sensiblement égale à celle de première année; cela se comprend facilement car la reprise avait été parfaite, la transplantation ayant été faite dans les meilleures conditions, dans la première semaine de novembre.

En somme, ces baliveaux de Pommier, placés dans des conditions normales, s'étaient comportés à la façon des baliveaux de Poirier dont j'ai décrit le développement. Cela est naturel, puisqu'il s'agit de deux végétaux qui sont très proches parents.

Dans les jeunes arbres du second lot, le développement s'était fait avec moins de régularité et la coupe de la tige, faite au même niveau, offrait des différences parfois assez tranchées suivant les exemplaires.

Le bois de seconde année était partout d'épaisseur moindre que celui de première année, les conditions de vie ayant été

moins favorables. Dans les exemplaires les mieux venus, ayant reçu plus de lumière au travers des parties moins fournies de la haie feuillée, le bois de deuxième année formait un anneau complet dorsiventral. Le dos était situé du côté le plus éclairé, et le ventre, du côté le plus ombré. Les pieds, faibles et à ramification unilatérale, avaient un bois de seconde année en forme d'arc d'épaisseur variable suivant les individus. Le bois de printemps et celui d'automne restaient cependant distincts.

De cette première série d'expériences on peut donc conclure que la mise à l'ombre a eu pour conséquences une réduction d'épaisseur des tissus secondaires ligneux, la formation d'une dorsiventralité et la production de bois disposés en arc. Ce sont là des phénomènes comparables à ce qui se passe dans un Pommier ou un Poirier au fur et à mesure du développement de leur charpente quand leurs organes se font concurrence par rapport à la lumière et à l'aliment.

J'ai, dans une seconde série d'expériences, combiné le facteur lumière et le facteur absorption dans le sol. Prenant 99 baliveaux, j'en ai fait trois lots égaux de 33 exemplaires chacun.

Les 33 premiers furent plantés en plein soleil dans un sol convenable et à la distance de 50 centimètres les uns des autres.

Les 33 scions du second lot furent eux-mêmes plantés en plein soleil, dans le même terrain que les précédents, mais je les laissai en paquet, réunis comme ils le sont pour la vente. Chacun d'eux était ainsi gêné à des degrés divers dans l'exercice de ses fonctions. Les pieds les plus externes étaient les plus favorisés.

Enfin le reste fut aussi laissé en paquet, mais après leur plantation dans le même sol que les précédents, je les entourai d'une caisse prismatique en bois, à base carrée de 50 centimètres de côté, et d'une hauteur de 1 mètre 20. Cette caisse, ouverte à la base, au sommet et sur le côté tourné vers le nord, supprimait tout éclaircissement dans les directions est, sud et ouest. La lumière ne pouvait arriver aux jeunes Pommiers que par le nord et par le sommet de la caisse (fig. 101). On comprend qu'une telle disposition réduisait considérablement l'éclaircissement, particulièrement pour les scions situés à l'intérieur du paquet.

A la fin de la végétation, je coupai, comme précédemment, au dessus du collet, un certain nombre de Pommiers.

Les exemplaires du premier lot donnèrent des résultats en tous points comparables à ceux qui, dans la première expérience,

101



Fig. 101. — Jeunes scions de Pommier cultivés en paquet dans une caisse ouverte à la base, au sommet et latéralement du côté du nord.

Beaucoup de ces scions ont péri, desséchés complètement.

D'autres se sont desséchés par l'extrémité supérieure et n'ont donné aucune pousse. Seules la racine et la portion inférieure de la tige sont restées vivantes, entretenues par la chlorophylle de la tige.

Un certain nombre de ces scions desséchés par l'extrémité supérieure ont donné des dards plus ou moins longs, munis d'une rosette de feuilles étalées.

Enfin quelques-uns des plus forts scions situés à l'extérieur du paquet ont fourni des pousses à bois feuillées.

Celles-ci étaient peu nombreuses en général et les plus fortes étaient celles qui avaient reçu le maximum de lumière, c'est-à-dire celles qui étaient venues sur les jeunes scions situés au nord, du côté où la caisse était ouverte.

Une de ces pousses était verticale et avait pu dépasser le sommet de la caisse.

Les autres pousses étaient restées trop courtes pour arriver à la lumière libre.

avaient été placés en conditions normales. Leur coupe présentait deux couches ligneuses, distinctes et sensiblement égales.

Ceux du second lot présentaient des différences très tranchées; seuls les scions de la périphérie du paquet avaient poussé en donnant une flèche et des rameaux latéraux du côté externe; ceux du centre, mal éclairés et mal nourris, poussèrent à peine

à leur sommet; quelques-uns même ne poussèrent pas et se desséchèrent vers le sommet sur une étendue plus ou moins considérable. Quelques ramifications latérales s'étaient développées là où des interstices leur étaient laissés par leurs voisins, mais ces pousses souffreteuses étaient courtes et presque en rosette.

En coupe transversale, au-dessus du collet, on trouvait, dans les exemplaires de la périphérie, deux couches concentriques ligneuses inégales dont la plus externe, à disposition dorsiventrale, était la plus faible. Dans ceux de l'intérieur du paquet, la coupe présentait des bois en arc d'autant plus réduits que la ramification avait été plus faible, et que la position des rameaux par rapport à la lumière était plus défectueuse. Les scions, desséchés à leur sommet, mais restés vivants par la base de la tige, ne présentaient qu'une seule couche ligneuse, celle de première année. Ils s'étaient purement et simplement entretenus à l'état léthargique, ou s'ils avaient donné du bois secondaire, celui-ci ne se distinguait pas du bois d'automne formé la première année.

Ces phénomènes, qui montrent l'étroite dépendance qui existe entre les facilités de l'exercice des fonctions nutritives des organes du Pommier et leur structure ligneuse, étaient plus accentués encore dans les exemplaires du troisième lot, et cela se conçoit facilement.

Beaucoup de scions ne portaient que des rameaux courts, avec des feuilles rapprochées, comme dans les dards normaux; d'autres avaient de courtes brindilles.

J'ai examiné la structure de ces productions; elle était celle des pousses analogues chez les arbres normaux.

Les résultats de ces deux séries d'expériences suffisent à montrer l'exactitude de l'explication que j'ai donnée au sujet de la différenciation des branches au cours du développement du Poirier et des arbres en général.

La formation des petites branches à bois de courte durée, celle des pousses fruitières (dard, lambourde, branche fruitière âgée, etc.), sont dues à la diminution de la radiation pour les organes cachés par le feuillage environnant d'une part, à la réduction de l'aliment causée par l'augmentation du chemin à

parcourir par les liquides nourriciers et par sa répartition entre les rameaux de plus en plus nombreux et par conséquent de moins en moins nourris, d'autre part.

De même, on peut se rendre compte par ces expériences du rôle joué par la radiation et son incidence dans la formation des couches ligneuses, leurs dimensions, leur symétrie et leur disposition en anneaux réguliers ou irréguliers, en arcs épais ou minces; et aussi dans la distinction plus ou moins tranchée entre le bois de printemps et le bois d'automne, dans la formation de couches concentriques ligneuses nettement séparées ou au contraire confuses, etc. Il en est ainsi si la lumière agit seule ou concurremment avec d'autres facteurs comme le régime de l'eau et des substances solubles par exemple, qui peuvent accentuer ou diminuer l'amplitude de la variation.

2. LILAS

J'ai fait des expériences de même ordre sur le Lilas dont le développement diffère de celui du Pommier par son drageonnage prononcé.

Les drageons, abondants et en général pressés sur un même point, se font rapidement concurrence par rapport à la radiation et à l'aliment. Pour la radiation, cette concurrence est rendue plus âpre non seulement par les branches de chaque drageon, au fur et à mesure qu'elles se développent, mais encore parce que le Lilas, en sa qualité d'arbrisseau, est mis à l'ombre par les arbres voisins ou doit lutter avec d'autres arbrisseaux pour conserver sa place au soleil.

J'ai constaté, par des coupes effectuées à la fois dans les tiges souterraines et dans les drageons coupés à la base, que les organes souterrains et les organes aériens de même âge diffèrent comme structure, ainsi que les racines, un peu à la façon de ce qui se passe pour les racines horizontales et les racines verticales.

La tige souterraine âgée de cinq ans est à bois plus tendre que la tige aérienne correspondante. Elle ne possède qu'une seule couche ligneuse secondaire bien nette, au-dessus de la-

quelle se voit une autre couche comprenant des vaisseaux en cercles avec fibres ligneuses réduites. Cette dernière couche, sensiblement uniforme, correspond cependant à la croissance de quatre années successives. Son épaisseur ne dépasse guère celle de la couche de première année qui a seule du bois de printemps et du bois d'automne distincts.

Le dragon de même âge possède, non plus une seule couche à bois de printemps et à bois d'automne, mais deux couches nettes qui se sont formées successivement pendant les deux premières années du développement. Les trois dernières années, le bois formé est sensiblement uniforme et donne l'apparence d'une couche unique. Ainsi l'on remarque un curieux phénomène : l'emboîtement des cônes cesse plus tôt dans la tige souterraine que dans la tige aérienne chez le même Lilas.

La différence de dureté entre la partie souterraine et la partie aérienne de la même tige provient du géotropisme négatif de la tige aérienne et de l'absence de géotropisme chez la portion souterraine. L'appareil de soutien est ainsi développé proportionnellement au travail qu'il est appelé à fournir.

Ayant constaté ces structures, je me suis proposé de les reproduire expérimentalement. Pour cela, j'ai, artificiellement, obligé les dragons du Lilas à se transformer en petites branches de courte durée. Pour cela, j'ai cultivé comparativement, en des bacs de grande taille, deux lots de cinq dragons égaux et racinés de la même façon. Etant donné l'abondance des dragons sur un même pied de Lilas, il est facile de trouver des exemplaires semblables.

J'ai placé les cinq dragons du premier lot, chacun dans sa caisse, en pleine lumière; les cinq dragons du second lot, préparés et traités de la même manière, ont été chacun mis au centre d'une caisse ouverte au sommet, à la base et du côté nord, analogue à celle qui m'avait servi pour les scions de Pommier (fig. 101).

Les Lilas venus en pleine lumière ont donné de bonne heure des dragons; les autres en ont donné un peu plus tard. Les dragons venus à la lumière ont poussé vigoureusement et se sont ramifiés assez fortement; ceux du second lot, venus à l'ombre,

au lieu de se développer fortement, ont poussé de plus en plus faiblement, comme les petites branches à bois de courte durée. Les pousses les moins éclairées étaient celles qui avaient le moins poussé.

La production des drageons rabougris et de courte durée dans les massifs de nos jardins est donc bien due, chez le Lilas, à l'action de la lumière qui devient de plus en plus atténuée sous l'influence de la croissance des parties de l'arbrisseau les mieux placées et de l'ombre portée par les arbres ou arbustes voisins, à développement plus rapide.

L'examen anatomique des parties souterraines et aériennes de même âge chez les Lilas ainsi traités pendant cinq années m'a montré que leur structure est semblable (avec quelques variantes insignifiantes dues à ce que chaque exemplaire se trouve dans des conditions de milieu un peu différentes) à celle que j'ai décrite dans les pieds ou drageons normaux placés naturellement à l'ombre dans les massifs de même âge. Le fait était d'ailleurs à prévoir.

Dans les exemplaires que j'ai obligés à se développer à l'ombre en caisses, la ramification de la tige principale fut aussi entravée quoique plus faiblement que chez les drageons. J'ai remarqué qu'elle donnait des pousses de plus en plus faibles dont la coupe, plutôt dorsiventrale, n'offrait plus de couches concentriques distinctes à partir de la troisième ou de la quatrième année, suivant que la lumière diminuait pour elles avec une rapidité plus ou moins grande.

La dorsiventralité des tissus était de même sens, car le facteur en cause agissait en direction constante.

Ces résultats corroborent donc ceux qu'avait donnés le Pommier.

B) PLANTES HERBACÉES

Pour les plantes herbacées, j'ai fait varier la lumière à l'aide de procédés différents de ceux qui m'ont servi pour les arbres. J'ai employé surtout les semis espacés ou serrés en plein

air ou sous chassis et les semis à contre saison; j'ai éclairci les semis à des époques déterminées; j'ai également employé les plantations effectuées à des époques et à des distances variées, etc.

J'ai opéré sur des plantes annuelles, bisannuelles, plurannuelles et vivaces. Les résultats obtenus permettent d'établir chez ces plantes deux groupes :

1° Celles qui, n'étant pas fortement influencées dans la durée de leur développement et dans leurs rythmes de végétation spécifiques, restent monocarpiques;

2° Celles qui, au contraire, voient la durée de leur développement considérablement abrégée ou retardée et qui, vivant normalement deux ou plusieurs années, deviennent annuelles ou bien polycarpiques avec des phases anormales de vie active et de vie ralentic.

I. PLANTES RESTANT MONOCARPIQUES

Les plantes qui restent monocarpiques malgré les changements de la radiation et la concurrence pour l'aliment dans un milieu restreint sont assez nombreuses dans les espèces annuelles ou bisannuelles.

On peut les classer en deux catégories :

1° Celles qui conservent leur durée normale de développement, du moins sensiblement;

2° Celles qui ont un développement abrégé.

a). *Plantes monocarpiques conservant leur développement normal*

On peut prendre comme types de cette catégorie diverses races de Laitues. La race qui m'a surtout servi pour ces expériences effectuées cinq années de suite dans notre jardin d'Erquy, c'est la Laitue dite Batavia qui y réussit fort bien, y atteint des dimensions élevées et un poids considérable allant jusqu'à un kilogramme et demi.

Mes cultures comprenaient deux lots de douze exemplaires chacun que j'avais choisis dans un même semis espacé, aussi semblables que possible et qui provenaient de graines récoltées par moi-même sur un pied unique. J'avais fait ce choix en comptant le nombre des feuilles et en prenant des racines sensiblement de même taille et aussi développées, aussi vigoureuses.

Le premier lot fut planté en plein soleil; les exemplaires étant placés à la distance habituelle. Le second lot fut mis à l'ombre de Figuiers, au feuillage épais, qui ne laissaient filtrer qu'une lumière fort atténuée. En dehors des différences d'éclairément, les conditions de vie restaient les mêmes, car la composition du sol était identique pour les deux lots, ainsi que je m'en suis assuré chaque année par l'analyse chimique.

Entre les Laitues des deux séries, j'ai constaté des différences morphologiques externes assez considérables.

Dans le premier lot, toutes avaient une pomme très dure et très fournie. Les feuilles étaient au nombre de 45 à 50 en moyenne par exemplaire; le limbe atteignait, dans les externes les plus développées, 45 centimètres de large sur 50 centimètres de long. Leur teinte était d'un beau vert et l'ensemble de la plante présentait tous les caractères de la race.

Les Laitues du second lot étaient à peine pommées; leurs feuilles étaient moins fournies et elles ne dépassaient pas vingt par exemplaires; le limbe, chez les plus développées, atteignait 14 centimètres de large sur 16 centimètres de long. Leur teinte était d'un vert plus pâle et plus jaunâtre. L'aspect n'était plus exactement celui de la race; les feuilles moins frisées étaient celles d'une Laitue quelconque mal venue.

Ces plantes, mal venues, montèrent à fleurs avant celles du premier lot; elles donnèrent une tige moins vigoureuse et moins ramifiée, plus allongée. Après un début de floraison, quelques exemplaires se desséchèrent; d'autres pourrirent par la pluie sans même monter à fleurs.

Les différences anatomiques entre les Laitues des deux lots étaient elles-mêmes très sensibles, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par les détails suivants.

L'axe, coupé au voisinage du collet chez les pieds du pre-

mier lot, avait un diamètre moyen de 4 centimètres. L'écorce, au sens ancien du mot, c'est-à-dire liber compris, avait 4 millimètres d'épaisseur; le bois égalait l'écorce; la moelle avait 32 millimètres environ. C'est donc ce dernier tissu qui joue le rôle de parenchyme de réserve, et il était particulièrement développé vu le nombre et les grandes dimensions des feuilles. Il était formé de cellules irrégulièrement dilatées et les rayons médullaires avaient eux-mêmes du parenchyme de dilatation très étendu et très caractérisé.

Les bois, de dureté moyenne, à larges vaisseaux, contenaient quelques fibres mélangées à du parenchyme ligneux encore à peine épaissi au moment où j'ai fait les coupes, c'est-à-dire au début de la ramification. Le bois de fructification n'était pas encore formé d'une façon bien nette à ce moment.

Dans les exemplaires du second lot, les proportions des tissus n'étaient pas les mêmes. L'écorce et le bois n'avaient plus chacun que 2 millimètres à 2 millimètres et demi d'épaisseur en moyenne; la moelle avait 14 à 15 millimètres de large; le diamètre total de la coupe était par conséquent de 19 à 20 millimètres suivant les pieds.

Ainsi, à la lumière atténuée, le développement général des tissus avait été réduit sensiblement de moitié. Mais l'étiollement complet des feuilles internes dans les types bien pommés du premier lot n'existait pas chez les seconds dont toutes ou presque toutes les feuilles étaient restées vertes, étant peu nombreuses et exposées aux rayons lumineux par le fait qu'elles restaient étalées et distantes suffisamment les unes des autres.

Le bois de rosette était plus réduit dans les exemplaires du second lot et la chlorophylle moins abondante dans leurs feuilles que dans les grandes feuilles vertes des Laitues du premier lot.

Ces résultats n'ont rien de surprenant; ils sont conformes à ce que l'on sait quant à l'action générale de la lumière atténuée sur les plantes.

En même temps que cette première série d'expériences, j'ai établi des cultures comparatives de la même race de Laitue, en semis serrés, en plantations également serrées, le tout par compa-

raison avec un même nombre de pieds éclaircis de bonne heure dans le semis ou plantés aux distances normales.

Les différences constatées dans la première série d'expériences entre les pieds placés en pleine lumière et ceux plantés à l'ombre se retrouvaient dans la seconde série d'expériences. Les semis serrés et les plantations trop rapprochées établissaient une sorte de rideau naturel entre la radiation et les feuilles voisines; en outre une concurrence énergique s'établissait entre les racines des divers pieds quant à l'absorption de l'aliment dans un terrain limité.

Les pieds serrés avaient des tissus de dimensions plus réduites encore que dans la première série d'expériences. En moyenne, leur écorce avait une épaisseur de un millimètre et demi; le bois atteignait à peine un millimètre; la moelle avait un diamètre de sept millimètres au plus, et les parenchymes de dilatation étaient très peu développés. Les réserves étaient naturellement en quantité relativement faible.

Les mêmes résultats pouvaient être constatés dans les plantations rapprochées.

J'ai remarqué, dans les deux cas, que un certain nombre de jeunes plantes périssaient étouffées par les autres plus favorisées par la sélection naturelle. Ainsi se produisait un éclaircissement dont profitaient les pieds restants.

Imitant la nature, j'ai pratiqué de bonne heure l'éclaircissement en supprimant un grand nombre de jeunes plantes. Les pieds laissés en place se développèrent beaucoup mieux et furent d'autant plus vigoureux qu'ils furent plus vite placés dans un milieu plus rapproché des conditions de vie normale.

La structure de ces plantes, dans les semis espacés ou dans les plantations éloignées, était identique à celles des plantes du premier lot dans la première série d'expériences. Les conditions de vie étaient d'ailleurs les mêmes.

Je n'ai pas obtenu, dans tous les semis serrés faits en saison normale, pas plus du reste que dans les plantations, de pieds montant de suite à graines ou devenant remontants. Ce cas est cependant assez fréquent chez d'autres espèces de plantes traitées de la même manière, ainsi que je le montrerai tout à l'heure.

b). *Plantes à développement condensé*

On peut dire que les végétaux dont le type est la Laitue Batavia ne présentent que des variations quantitatives de leurs tissus quand on fait varier la radiation et l'aliment par cultures à l'ombre et par semis serrés ou plantations très rapprochées.

Les variations qualitatives y sont par conséquent relativement réduites.

Il en est tout autrement pour d'autres plantes traitées de la même manière et dont le développement est alors condensé d'une façon variable. Ce sont les tissus ligneux qui offrent les modifications les plus étendues et les plus intéressantes.

Considérons d'abord les plantes annuelles qui, comme la Chicorée, montent rapidement à fleurs quand on les sème de trop bonne heure au printemps, à l'air libre ou sous chassiss. Cet accident est beaucoup plus fréquent et plus rapide dans les jardins sablonneux d'Erquy.

La différence principale que présentent ces pieds, qui restent annuels, mais dont le développement est abrégé considérablement, consiste dans le fait qu'ils ont à la fois du bois de rosette et du bois de fructification dans un laps de temps très inférieur à celui qu'exige le développement des pieds normaux. Au même âge, ceux-ci n'ont que du bois de rosette.

Nombre de plantes annuelles présentent des phénomènes analogues; parmi elles on peut citer les Radis, etc.

La conséquence de l'abréviation de la durée du développement chez ces végétaux a donc pour conséquence un durcissement des tissus qui se traduit par la diminution du volume du bois de rosette et des parenchymes de réserve et par la formation de tissu ligneux de fructification assez dur. Ces changements concordent pour faire perdre à la partie comestible de la plante sa valeur alimentaire.

Au contraire la culture en semis espacés produit une augmentation marquée du bois de rosette et des réserves. Cela tient au nombre plus grand des feuilles, à leur fonctionnement meilleur, au développement plus marqué des racines.

Les entrenœuds restent plus courts, la lumière arrivant aux

feuilles étant plus intense; la couronne de feuilles en rosette atteint ainsi son maximum, ainsi que la valeur des parties alimentaires.

Ainsi s'expliquent tout naturellement les observations des

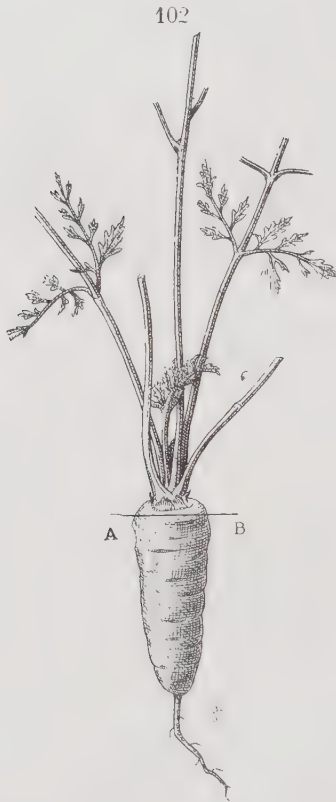


Fig. 102. — Pied de Carotte ayant conservé son rythme normal de végétation.
A B, niveau de la coupe de la racine.

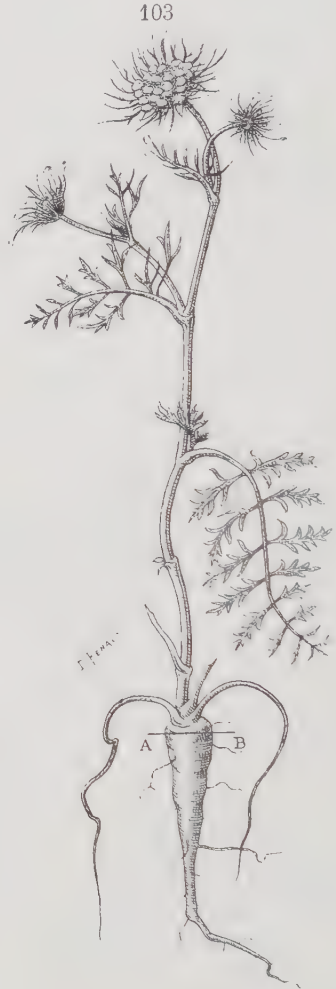


Fig. 103. — Carotte à développement condensé fleurissant la 1^{re} année de sa végétation.
A B, niveau de la coupe de la racine.

praticiens qui ont remarqué depuis longtemps les bons effets de l'éclaircissement des semis, du repiquage, de la plantation espa-

cée, etc. C'est à l'aide de ces procédés, convenablement employés, qu'ils obtiennent des plantes trapues, vigoureuses, reprenant facilement par transplantation, ne montant pas prématurément à fleurs et donnant le rendement maximum.

Considérons maintenant des plantes bisannuelles comme la Carotte, le Salsifis, etc., cultivées en semis serrés. Beaucoup des jeunes Carottes conservent leur rythme normal de végétation (fig. 102) et ne fleurissent qu'à la deuxième année. Un certain nombre d'entre elles au contraire montent à graines de bonne heure et deviennent ainsi annuelles (fig. 103). Leur tubercule reste petit, durcit et perd sa valeur alimentaire en grande partie.

Si l'on fait une coupe transversale dans le tubercule d'un des pieds devenus annuels, on y trouve une structure semblable à celle du tubercule du pied normal à la seconde année de son développement; autrement dit on rencontre un bois de rosette et un bois de fructification ne différant des parties correspondantes du type normal que par les proportions des tissus et leur dureté relative.

En somme, ces pieds à développement très condensé donnent en quelques mois ce que la plante normale met deux ans à fournir, c'est-à-dire la phase de rosette (fig. 3, pl. II) et la phase de fructification (fig. 4, pl. II).

Ainsi, aux racines accidentellement annuelles, on donnerait fatalement deux ans d'âge d'après la coupe si l'on ne connaissait leur origine.

Le Salsifis présente des variations de structure un peu différentes en ce sens que le bois de fructification étant à peine distinct du bois de rosette, les pieds annuels comme les pieds bisannuels ont, dans leur racine, une structure sensiblement uniforme. La phase de fructification se distingue par l'épuisement des réserves et l'agglomération des membranes des cellules vides, ce qui donne aux tissus de réserve l'aspect d'un parenchyme de compression, tant que la nécrose ne les a pas détruits.

Dans les plantes sauvages bisannuelles ou plurannuelles, il arrive que des pieds deviennent annuels à la suite de semis serrés. J'ai expérimentalement obtenu ce résultat chez les *Dian-*

thus *Armeria* (fig. 4, pl. XLIII), *Verbascum Blattaria* (fig. 2, pl. XLI), *Oenothera*, *Æchium*, etc.

Tous ces pieds annuels ont la même structure que les pieds bisannuels. Cependant quelques-uns, dans le cas de semis très épais, montent directement à fleurs après une phase de rosette très réduite ou nulle. Ils n'ont alors que du bois de fructification nettement visible; le bois primaire et le peu de bois de rosette qui s'est formé s'étant durcis, sont plus difficiles à voir au moment où la maturité est complète.

Les variations du parenchyme de réserve, bien que fort sensibles chez ces pieds annuels par rapport aux pieds bisannuels, sont bien moins prononcées que chez les plantes à tubercules comme la Carotte par exemple dont les races ont été sélectionnées en vue d'augmenter précisément les réserves et par suite la grosseur du tubercule.

Si la phase de rosette a une durée suffisante, les proportions spécifiques relatives du bois de rosette et du bois de fructification sont à peine changées. La variation est alors surtout quantitative. La marche de la différenciation des tissus reste la même; la durée du développement et la valeur de la fonction de réserve sont au contraire grandement modifiées.

2. PLANTES MONOCARPIQUES DEVENANT POLYCARPIQUES

Assez fréquemment, dans un certain nombre de semis serrés, que j'ai éclaircis après la montée à fleurs commencée, j'ai observé des pieds à développement condensé qui, après avoir fleuri, remontaient, c'est-à-dire que, après s'être desséchés à partir du sommet sur une portion variable de leur tige, ils donnaient de nouvelles pousses portant, de suite ou dans le cours de l'année suivante, de nouvelles fleurs et de nouveaux fruits.

Ce phénomène très curieux de la transformation d'une plante monocarpique en plante polycarpique est tout aussi intéressant pour le physiologiste que pour le praticien. Ce caractère spécifique est fréquemment utilisé dans la classification et les plantes, dites remontantes, sont très recherchées en floriculture.

On rencontre accidentellement dans la nature des plantes habituellement monocarpiques qui deviennent ainsi polycarpiques et j'en ai déjà cité des exemples. Mais on ne connaît pas les causes auxquelles est due cette transformation. A coup sûr, on peut dire que la culture en semis serrés, si elle n'est pas l'une de ces causes, favorise du moins le phénomène. J'ai en effet, toujours obtenu, par un éclaircissement tardif convenable, un pourcentage de pieds remontants plus élevé dans les semis serrés qu'en pratiquant cet éclaircissement de bonne heure.

J'ai opéré sur un grand nombre de plantes à durées de développement différentes; c'étaient, tantôt des plantes annuelles comme les Radis, divers *Helychrysum*, *Andryala sinuata*, *Arctotis grandis*, *Nicotiana tabacum*, *Phacelia bipinnatifida*, *Scorpiurus*, *Collomia*, divers *Malva*, etc. ; tantôt des plantes bisannuelles comme les *Crepis*, Salsifis, *Barkhausia*, *Scabiosa atropurpurea*, *Cerithe*, Choux et Navets, etc.; tantôt enfin des plantes souvent plurannuelles comme les *Enothera* et les *Verbascum*.

L'étude anatomique de leurs racines ou de leurs tiges permet de les classer en deux sections :

1° Celles dans lesquelles on trouve un bois de remonte distinct des bois de première fructification;

2° Celles dans lesquelles le bois de remonte n'est pas séparé du bois de fructification précédent ou même semble ne pas exister.

a). *Plantes remontantes à bois de remonte distinct du bois de première fructification*

Dans cette section, deux cas peuvent se présenter :

1° Le bois de remonte, en anneau continu ou en arc, est de même nature que le bois de fructification qui l'a précédé, et il s'en distingue à la façon des couches ligneuses concentriques;

2° Le bois de remonte, en général mou et fractionné à des degrés divers, est différent du bois de fructification précédent.

1^{er} CAS. — Les bois de remonte et de fructification se ressemblent

Dans ce premier cas rentrent de nombreux végétaux annuels, bisannuels et plurannuels remontants, dont je décrirai les plus caractéristiques.

Le Radis est une plante annuelle cultivée dont les races sont nombreuses; celle sur laquelle j'ai surtout expérimenté, c'est la Rave noire, à gros tubercule noir et allongé. En semis serrés, quelques pieds montent rapidement à graines et si l'on éclaircit à temps, il arrive que certains d'entre eux deviennent remontants.

Pour ces derniers, le développement, d'abord condensé, a été ensuite allongé; la Rave, normalement monocarpique, est devenue polycarpique. Le tubercule a gardé sa forme, mais il est resté beaucoup plus mince et moins riche en réserves. Il a donc perdu toute valeur alimentaire, comme le font les autres plantes comestibles dans des conditions de vie analogues.

En coupe transversale (fig. 3, pl. XLII), ce tubercule présente au centre un bois de rosette formé de vaisseaux assez régulièrement disposés dans un parenchyme non lignifié. Au voisinage de quelques faisceaux ligneux, on trouve des fibres ligneuses assez dures. Au centre, près du bois primaire, la lignification est plus prononcée qu'à la périphérie.

Vient ensuite le bois de fructification formé de compartiments ligneux séparés par de larges rayons médullaires. Ce bois est formé de couches concentriques peu distinctes et va en augmentant de dureté du centre vers l'extérieur.

Le bois de remonte formait un anneau continu qui entourait le bois de fructification de la première floraison; il avait la même disposition, mais il était beaucoup moins lignifié.

L'écorce s'exfoliait de bonne heure et, à l'intérieur, la racine présentait un liège irrégulièrement disposé. Le liber n'offrait rien de particulier; les rayons médullaires étaient riches en parenchymes de dilatation.

Anatomiquement, ce qui distingue surtout ce type de plante accidentellement polycarpique, c'est que, au cours de quelques mois de végétation, il donne trois catégories de bois

bien distinctes : du bois de rosette, du bois de fructification et du bois de remonte.

A l'examen d'une semblable coupe, on donnerait à la



Fig. 104. — Pied de *Nicotiana tabacum*, remontant après une première floraison.

La seconde est commencée et sera suivie de nombreuses autres floraisons plus ou moins espacées.

Les coupes en A B et en C D enregistrent les floraisons successives par des couches concentriques surnuméraires.

Ces dernières sont naturellement plus nombreuses en A B que en C D.

En effet, en C D, les rameaux remontants réparateurs sont peu nombreux et de vigueur relativement très faible.

Les plus développés se trouvent dans la région moyenne de la tige.

Sur le pied représenté dans la figure, les pousses moyennes de remonte sont encore très peu développées ; mais elles poussent rapidement au fur et à mesure que les rameaux fleuris plus anciens se dessèchent après avoir mûri complètement leurs graines.

Cette floraison successive achrone a pour résultat obligatoire des arrêts de végétation (vie ralentie) et des reprises de croissance (vie active) qu'enregistrent les bois de la racine sous forme de couches concentriques plus ou moins nettement séparées. Ces couches se voient sur la figure 2, planche XXXV, qui représente la coupe d'une racine de *Nicotiana tabacum* ayant fleuri plusieurs fois au cours de la végétation, du printemps à l'automne.

Des couches concentriques analogues s'observent dans la coupe de la tige faite à peu de distance du collet.

Un résultat semblable se rencontre encore chez les greffons de cette même espèce de Tabac, quel que soit le sujet sur lequel on l'a placé. Ce n'est pas en effet un phénomène consécutif au greffage, mais bien la conséquence habituelle de la floraison achrone particulière à l'espèce.

Ceci montre combien il est nécessaire de bien connaître la vie d'une plante pour en interpréter sûrement la structure,

plante trois ans d'âge, si l'on ne savait, par la date du semis, qu'elle n'a en réalité que quelques mois.

Les pieds non remontants du *Collomia grandiflora* ont une racine qui, en coupe transversale, possède un bois de rosette à larges vaisseaux, entouré d'un bois de fructification rayonnant assez distinct du précédent.

Dans les pieds remontants, en semis serrés et éclaircis tardivement, la racine (fig. 4, pl. XXXIV) présentait, en plus des deux bois précédents, un anneau très nettement distinct du bois de remonte, semblable au bois de fructification mais plus dur.

Même si l'on confondait le bois de rosette et de fructification, l'observateur non prévenu donnerait deux ans à la plante par l'examen de la structure de son bois secondaire. Pourtant elle avait six mois seulement quand elle fut cueillie.

Chez le *Nicotiana tabacum* (fig. 104), les tiges remontent à plusieurs reprises au cours de la même année dans certains exemplaires provenant de semis serrés et éclaircis tardivement. La floraison, au lieu d'être euchrone, devient plutôt achrone.

La coupe transversale de leur racine, au voisinage du collet, montre un nombre variable de couches concentriques dont la netteté varie avec la vigueur des pousses remontantes et l'époque à laquelle elles se sont formées (fig. 2, pl. XXXV).

C'est à un phénomène de même ordre qu'il faut attribuer la présence de plusieurs cercles concentriques dans les bois secondaires des pieds d'*Arctotis grandis* remontant à la suite des mêmes traitements (fig. 3, pl. XLIII).

Dans toutes les plantes que je viens d'étudier, le bois de remonte formait un ou plusieurs anneaux complets. D'autres avaient du bois de remonte en arc plus ou moins épais, quand les rameaux réparateurs étaient d'un seul côté (*Helychrysum*, etc.).

Expérimentalement j'ai pu, en couchant ou redressant la tige, procédé qui sera étudié plus loin, obtenir du bois de remonte en arc ou en anneau chez des pieds de *Senecio elegans*.

Les branches maintenues verticales ont toutes porté du bois de remonte en anneau complet, lorsque la vigueur de la deuxième végétation a été suffisante. Celles que j'ai couchées ont eu du bois en arc à la face supérieure seulement.

Cette expérience montre bien que si le bois en arc peut être

produit par la disposition unilatérale des rameaux réparateurs chez les pieds remontants, l'influence de la direction géotropique de la tige est également considérable. Le bois en couche concentrique complète est donc dû, soit à la présence de rameaux réparateurs multiples, soit à l'état *erectus* de la tige ; le bois en arc est produit, soit par l'insertion unilatérale des rameaux réparateurs, soit par l'état *procumbens* de ceux-ci.

J'étudierai ici les parties aériennes annuelles de certaines plantes vivaces qui, normalement ne donnent qu'une seule floraison, mais qui peuvent remonter au cours d'une même année de végétation. Ces végétaux sont évidemment toujours polycarpiques et, à ce point de vue, ils sont bien différents des plantes monocarpiques. Cependant, la façon de remonter des parties annuelles est identique comme résultats anatomiques à celle des plantes annuelles, bisannuelles ou plurannuelles. C'est à ce titre que je les décris en même temps.

Les *Alonsca*, par exemple, donnent du bois de remonte en arc ou en anneau suivant que la coupe de la tige passe au-dessous d'un seul rameau réparateur de vigueur moyenne ou bien au-dessous de plusieurs rameaux réparateurs.

Chez le *Centranthus ruber*, une tige aérienne remonte en général en fournissant deux rameaux réparateurs opposés.

La coupe de la tige à quelques centimètres du sympode faussement dichotomique ainsi formé donne un bois de remonte composé de deux arcs opposés, correspondant chacun au rameau réparateur du même côté.

Si les deux rameaux réparateurs sont de vigueur égale, les arcs de remonte sont aussi égaux ; si l'un des rameaux l'emporte sur l'autre, l'arc de bois le plus épais est situé du côté du plus fort. Si l'un des bourgeons n'a pas fourni de rameau réparateur, le bois de remonte n'existe pas de ce côté.

2^e CAS. — Les bois de remonte et de fructification sont de nature différente

Toutes les plantes qui viennent d'être examinées dans le 1^{er} cas remontent en donnant directement des tiges plus ou moins ramifiées qui fleurissent dans l'année même où elles

remontent. Les tiges de seconde floraison sont semblables à celles de la première comme disposition. Il est donc tout naturel que les deux bois de fructification et de remonte aient une structure très voisine.

Mais il y a d'autres plantes dans lesquelles les parties remontantes diffèrent beaucoup des tiges florales de première végétation. C'est le cas de certaines plantes à rosette qui donnent en deuxième végétation des rosettes nouvelles situées à des hauteurs variables sur la tige primitive et qui fleurissent dans l'année de leur formation ou l'année suivante.

J'ai obtenu, dans mes semis serrés, éclaircis tardivement, des pieds remontant avec rosette chez divers *Malva*, chez les *Phacelia*, *Oenothera*, *Cerithe*, etc.

Les *Malva* remontant avec formation d'une rosette de courte durée sont rares dans les semis et leur structure varie suivant la rapidité de la première floraison, l'époque à laquelle se fait la deuxième végétation et le nombre ou la nature des rameaux réparateurs.

Tantôt il y a des couches concentriques nombreuses dans lesquelles le bois de remonte ne se distingue guère que par sa dorsiventralité très accusée (*Malva mauritiana*, par exemple). Tantôt le bois de rosette, à la première végétation, était très réduit et à peine visible (*Malva crispa*) et le bois de première fructification était au contraire assez développé et fort dur. Le bois de remonte qui l'entourait était tendre et disposé comme le bois de rosette ordinaire (fig. 1, pl. XLIII). En outre il était excentrique.

Dans certains exemplaires, la dorsiventralité des couches successives était de même sens. J'ai trouvé des pieds chez lesquels la dorsiventralité des couches était irrégulièrement alternante.

Il est facile de se rendre compte de ces différences de structure. Les pieds à bois central de rosette bien visible avaient d'abord donné des feuilles sans monter brusquement à fleurs. De là, les trois phases de développement du bois observées dans la coupe de leur racine.

Les pieds à bois central dur et à bois tendre à la périphérie

étaient montés à fleurs dès le début, à un moment où la tige était presque filiforme. Eclaircis après floraison, des tiges de remplacement assez vigoureuses avaient poussé vers la base et n'avaient pas encore fleuri au moment où les échantillons avaient été récoltés, c'est-à-dire vers la fin de l'automne. A cela était due l'inversion des bois de rosette et de fructification chez ces plantes.

Le *Cerithe major* et le *Phacelia bipinnatifida* remontants donnent des rosettes moins touffues et moins caractérisées que celles de première végétation.

En coupe transversale, la racine du *Cerithe major* montre, au centre, un bois de rosette qui devient assez dur à la fin; vient ensuite le bois de fructification plus dur encore, surtout vers la périphérie. Le bois de remonte, en forme d'anneau, est uniforme, moins dur que le bois de ramification auquel il succède, et il a une tendance prononcée à se fractionner en îlots.

Cette racine est tellement riche en tanin que les coupes noircissent presque instantanément au contact de l'acier du rasoir. Le tanin se trouve dans tous les tissus, mais il est surtout abondant dans les bois.

Le *Phacelia bipinnatifida*, à la suite d'éclaircissement tardif de ses semis, a donné quelques pieds remontants. Les pousses de remplacement, en forme de rosettes mal développées, étaient faibles en général et avaient donné des fleurs au cours de l'année du semis.

J'ai fait passer dans la tige une coupe au-dessous d'un sympode portant un seul rambeau réparateur vigoureux et une autre coupe au voisinage du collet.

La première comprenait une couche épaisse de bois de fructification dur et uniforme entourant une moelle assez étendue. Autour de ce bois était disposé le bois de remonte, dorsiventral, formé par des bandes de vaisseaux séparées par de larges travées de parenchyme (fig. 4, pl. XLIV).

La seconde ne différait de la première que par sa moelle plus petite, son bois de première végétation plus épais et par la dorsiventralité moins accusée de son bois de remonte.

Ainsi, dans cette plante plus encore que dans les précé-

dentés, le tissu ligneux avait très nettement enregistré les variations écologiques qu'avait subies le milieu extérieur au cours du développement, c'est-à-dire aux moments des passages successifs à l'état de vie active et de vie ralentie dans des conditions de végétation différentes comme mode de croissance.

Le cas le plus typique que j'ai observé sous ce rapport à la suite de semis serrés et d'éclaircissement tardif, c'est celui de l'*Ænothëra biennis*. Un des pieds qui avait fourni une rosette insignifiante, était monté rapidement à fleurs comme s'il avait été annuel. La tige aérienne s'était desséchée sur la plus grande partie de sa longueur puis, vers sa base, avait fourni une rosette de remplacement.

C'était un développement presque inverse du mode normal chez cette plante qui, la première année, donne une rosette

Fig. 105. — Pied normal d'*Ænothëra biennis*, à la phase de la rosette.

Ce pied est âgé d'un an et est venu dans les conditions normales au jardin des plantes de Rennes, où il a été cueilli en octobre.

La rosette est bien formée et possède des feuilles, les unes dressées, les autres horizontales.

La racine, grosse et courte, s'est ramifiée de bonne heure parce que la plante a poussé dans une allée où le sol était particulièrement dur et difficile à pénétrer. C'est à la nature du sol qu'est ainsi souvent due la ramification de la racine chez les plantes à racine pivotante.

La même disposition est aussi provoquée par les insectes quand ils viennent à couper la racine principale, transformant ainsi la racine pivotante en racine fasciculée.

A B, niveau de la coupe de la racine.



(fig. 105) et, la 2^e année, sa tige fructifère (fig. 106); après quoi, la plante tout entière meurt desséchée.

Au développement inverse de ce pied (fig. 107) correspon-

dait dans la racine une structure également inverse (fig. 2, pl. XLIII). Au centre se trouvait un bois de fructification dur et serré, en couches concentriques de netteté variable comme cela se rencontre dans la coupe de la racine chez les *Oenothera* de deux ans en fruits (fig. 1, pl. XXXVII). Autour de ce bois dur était disposé, en anneau complet et épais, un bois de rosette à vaisseaux en V irréguliers, disséminés dans du parenchyme.

Ainsi, suivant les conditions de vie réalisées, la plante peut modifier son développement et fournir des structures inverses, c'est-à-dire débiter par la phase ligneuse et finir par la phase de rosette, quand, dans les conditions de milieu normal, elle suit un rythme de développement inverse.

Je montrerai plus loin que, à l'aide de mutilations appropriées, on peut encore réaliser cette inversion. L'explication des structures anormales que j'ai donnée dans la première partie de cet ouvrage est donc vérifiée par l'expérience.

b). *Plantes remontantes chez lesquelles le bois de remonte ne se distingue pas du bois de première végétation.*

Chez ces végétaux, on peut aussi envisager deux cas :

1° Les bois de remonte déterminent une dorsiventralité prononcée, ce qui permet jusqu'à un certain point de les reconnaître, bien qu'il n'y ait pas de séparation nette entre eux et le bois de précédente formation.

2° Il n'y a, dans les bois secondaires, aucune distinction possible entre les deux phases successives de la fructification.

1^{er} CAS. — Les bois de remonte forment un dos visible

Parmi les plantes qui sont dans ce cas et qui remontent à la suite de semis serrés et d'éclaircissements convenablement pratiqués, j'ai étudié les *Crepis*, *Barkhausia*, *Salsifis*, *Andryala*, *Scorpiurus*, *Scabiosa atropurpurea*, etc.

Les *Crepis*, *Barkhausia* et *Salsifis* sont des Composées assez voisines quant au mode de végétation et qui donnent assez souvent des pieds remontants à l'automne.

La coupe d'une tige remontante présente une disposition

curieuse suivant qu'il y a un seul rameau réparateur ou plusieurs, ou bien suivant la vigueur relative de ceux-ci.

106



Fig. 106. — Pied normal d'*Enothera biennis* à sa deuxième année de développement.

La rosette existe encore et la tige florale commence à fleurir. Bientôt les feuilles de la rosette vont se flétrir.

A B, niveau de la coupe effectuée dans la racine.

107



Fig. 107. — Un pied à développement anormal de l'*Enothera biennis*, dans lequel la plante a fleuri la première année, par semis serré, puis a remonté en donnant une rosette. Il y a eu, chez cet exemplaire, inversion du mode habituel du développement.

A B, niveau de la coupe de la racine.

Avec un seul rameau, les bois de remonte n'existent que

dans les faisceaux qui alimentent cette pousse. La dorsiventralité est alors fort nette.

S'il y a plusieurs rameaux faibles, on voit des faisceaux plus développés alternant avec des faisceaux faibles, qui sont morts à la fin de la première végétation. Et si les rameaux sont suffisamment vigoureux, tous les faisceaux libéroligneux ont l'aspect de la coupe d'une tige ordinaire, mais vigoureuse. Dans ce dernier cas, l'observateur non prévenu ne s'apercevrait pas qu'il s'agit d'une plante remontante.

Chez l'*Andryala sinuata*, le bois de fructification forme un anneau complet entourant le bois de rosette, et son épaisseur est sensiblement égale sur tout son pourtour. Dans la coupe des pieds remontants, le bois de remonte est très excentrique, mais il se continue très intimement avec le bois de fructification précédent dont il ne se distingue pas autrement (fig. 4, pl. XLII).

Le *Scabiosa atropurpurea* donne quelquefois des pieds remontants, à la façon du *Centranthus ruber*, dont il possède la disposition phyllotaxique. Les bois de remonte forment aussi chez cette plante deux arcs opposés, mais ceux-ci continuent simplement le bois précédent et ne se distinguent que par leur dorsiventralité d'autant plus prononcée que les deux rameaux réparateurs sont plus vigoureux.

On ferait aussi des observations analogues à celles qui ont été indiquées pour le *Centranthus* quand les rameaux réparateurs sont inégaux ou quand l'un vient à manquer.

Le *Scorpiurus** est une Légumineuse dont les semis serrés et éclaircis tardivement fournissent quelques pieds remontants.

Dans celui que j'ai étudié plus spécialement, la tige présentait, à la fin de la deuxième végétation, une partie plus vieille couchée sur le sol, et une partie remontante dressée verticalement. La structure de ces deux parties était assez différente.

La partie ancienne couchée sur le sol présentait une dorsiventralité très marquée (fig. 4, pl. LIV). Cela n'a rien de surprenant car deux facteurs différents, la station horizontale et la disposition unilatérale du rameau réparateur, agissent dans le même sens.

Les faisceaux libéroligneux étaient très différents dans la

partie dorsale et dans la partie ventrale. Tandis qu'ils avaient cessé de croître dans celle-ci (fig. 108), ils avaient pris un accroissement considérable dans celle-là (fig. 109).

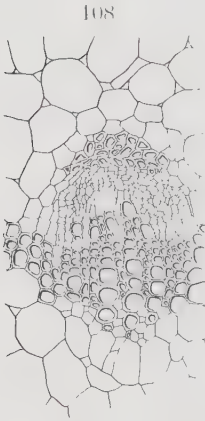


Fig. 108. — Un faisceau de la tige de *Scorpiurus* correspondant à la région n'ayant pas remonté.

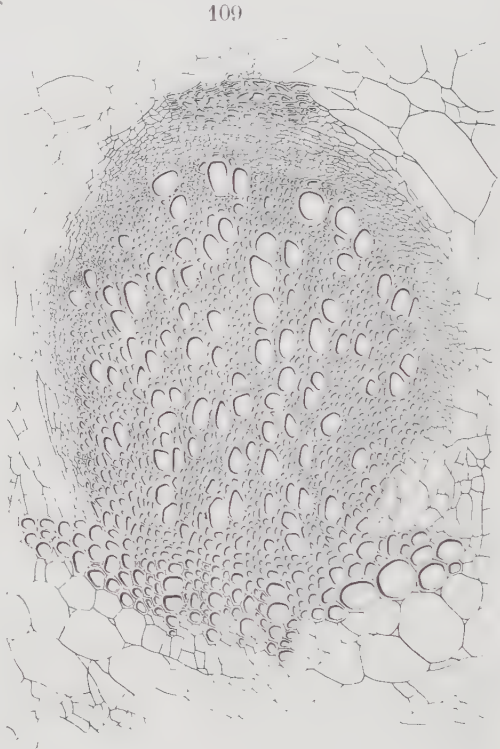


Fig. 109. — Un faisceau de la tige de *Scorpiurus* pris dans la partie ayant remonté. La portion convexe située au-dessus du faisceau de première végétation correspond à la végétation remontante très active en ce point.

Ces faisceaux étaient restés séparés les uns des autres, et le parenchyme médullaire avait commencé à se résorber pour former une lacune centrale. Au voisinage des faisceaux le parenchyme périmédullaire se cloisonnait activement pour empêcher la nécrose du tissu conducteur ligneux et lui permettre de conserver ainsi ses fonctions vis-à-vis du rameau réparateur non raciné directement.

La coupe de ce rameau avait une structure bien différente de celle de la partie couchée (fig. 3, pl. LIV); le bois formait un anneau complet, assez épais et sensiblement régulier.

Je n'ai pas trouvé dans cette plante les fibres caractéristiques de certaines Légumineuses précédemment examinées; on ne saurait considérer comme telles les fibres de sclérenchyme disposées au-dessus du liber, dans chaque faisceau.

2° CAS. — Les bois de remonte ne se distinguent pas du tout du bois de fructification

Ce cas est relativement assez fréquent chez des plantes à tiges bien développées comme chez des plantes à rosette où la tige est très réduite, même au moment de la fructification.

Un exemple est donné, pour les plantes à tiges florales bien développées, par certains Choux et Navets. La tige, à la fin de la deuxième végétation, présente en coupe transversale du bois rayonnant dur et fibreux, où l'on ne voit pas de ligne de démarcation entre le bois de fructification et le bois de remonte.

Il en est ainsi également dans la racine où le bois de rosette finit lui-même par devenir de moins en moins distinct.

Parmi les plantes acaules, on peut citer le Salsifis qui, en semis serrés puis éclaircis, donne quelquefois mais rarement, des pieds remontants. La structure de ces pieds ne diffère pas, à proprement parler, des pieds ordinaires, le bois de fructification et celui de rosette se ressemblant beaucoup.

Dans les plantes herbacées vivaces, déjà polycarpiques, on peut observer des résultats comparables et des pieds remontants. L'exemple le plus intéressant est celui du Scorzonère, fréquemment cultivé dans nos jardins.

La première année, il fournit une rosette de feuilles et une racine succulente, abondamment gonflée de réserves d'inuline. La deuxième année, les réserves sont employées entièrement au développement de la tige aérienne, des fleurs et des fruits (fig. 110). Si l'on fait passer une coupe à ce moment, en A B, on constate que le parenchyme de réserve est vide d'inuline, que ses cellules sont flasques et que les membranes de celles-ci sont disposées à la façon d'un parenchyme de compression (fig. 4, pl. LV).

Mais si l'on déterre un pied ayant ainsi fructifié, on constate qu'à côté de la tige desséchée et au voisinage de l'ancienne

rosette s'est développé un bourgeon réparateur qui va donner une nouvelle rosette de feuilles. Une fois celle-ci formée (fig.

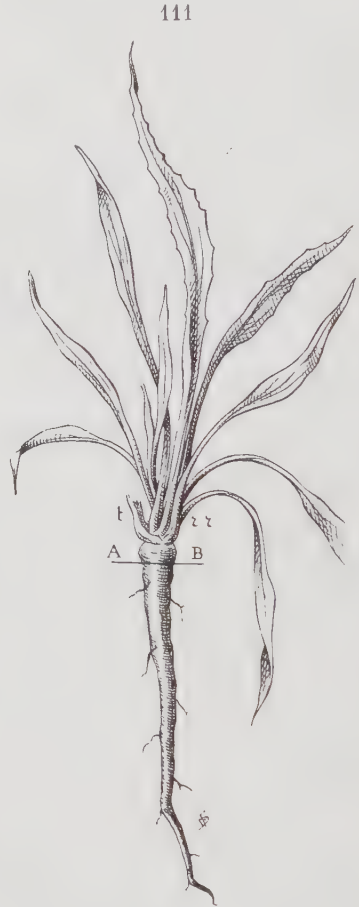
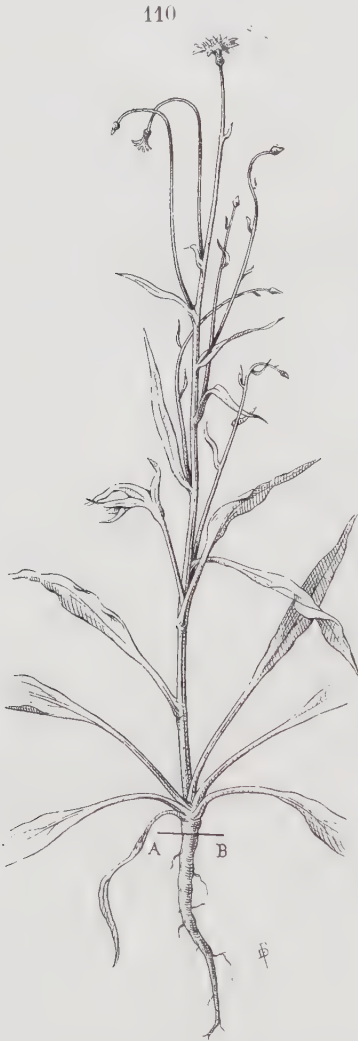


Fig. 110. — Pied fleuri de Scorzonère cultivé.

A B, niveau de la coupe de la racine.

Fig. 111. — Pied de Scorzonère dont la tige fleurie est morte et desséchée. — *t*, Chicot laissé par la chute de la tige ; *r r*, rameau réparateur ; A B, niveau de la coupe de la racine.

111), si l'on coupe la racine en A B, on voit que les parenchy-

mes de réserve sont redevenus turgescents et contiennent à nouveau de l'inuline en abondance. La racine qui avait momentanément perdu toute valeur alimentaire est redevenue comestible. C'est un fait bien connu des praticiens.

Or il arrive chez le Scorzonère comme chez le Salsifis que des pieds, au lieu de faire en deux ans leur développement complet, fleurissent et fructifient la première année et donnent ensuite une rosette de feuilles destinée à la conservation de l'individu jusqu'à l'année suivante.

Ces pieds à développement condensé ne différeraient pas comme structure des pieds normaux de deuxième année.

Plus rarement des pieds âgés de plusieurs années donnent des pieds vraiment remontants, c'est-à-dire fleurissant deux fois dans la même année. Dans ce cas, le bois de remonte n'est pas distinct du bois normal.

J'ai fait des observations analogues sur des pieds accidentellement remontants de Chicoracées telles que les Pissenlits, *Mulgedium alpinum*, *Hypochaeris radicata*, etc.

La propriété de remonter, c'est-à-dire de donner deux ou plusieurs floraisons dans la même année, ne doit pas toujours être confondue avec la possibilité pour une plante de donner plusieurs fructifications.

La plante monocarpique devient accidentellement polycarpique par le fait qu'elle remonte; la plante polycarpique reste polycarpique quand elle remonte, mais dans les deux cas le rythme de végétation est changé.

II. — Variations du régime de l'eau

Les variations de structure causées par les changements dans le régime de l'eau sont bien connues aujourd'hui, ainsi que les hydromorphoses qui en sont parfois la conséquence.

Je me suis proposé de rechercher expérimentalement quelle part les changements du régime de l'eau chargée de substances solubles pouvaient avoir dans les structures assez particulières de certaines plantes aquatiques, palustres ou terrestres examinées au cours de ce travail.

J'ai essayé de reproduire par des variations systématiques de ce régime, chez la plante intacte, quelques-unes des adaptations des tissus ligneux que l'on trouve dans la nature, en particulier j'ai cherché à faire varier le nombre des couches concentriques et la nature des tissus de séparation qui les font apparaître.

Deux procédés m'ont servi à cet effet :

1° L'arrosage intermittent, plus ou moins espacé, par lequel la plante passe alternativement de l'humidité à la sécheresse ;

2° La culture en des stations ou à des époques anormales, dans des climats différents, etc., de façon à reproduire divers phénomènes d'adaptation et d'acclimatation.

A) HUMIDITÉ ET SÉCHERESSE ALTERNANTES

Il est facile de faire varier systématiquement chez les plantes le régime de l'eau par des arrosages discontinus. Pour cela, il faut les soustraire à l'action des pluies qui viendraient troubler les résultats. J'ai employé un dispositif très simple, un double auvent formé par un abri composé de trois supports sur lesquels reposait une charpente munie de barres de fer : sur les chevrons, recourbés à leur partie inférieure, étaient placées des lames de verre.

Les plantes dont je me suis servi étaient cultivées en pots de même grandeur. Je les ai disposées sur une planche placée dans l'axe de l'auvent, à une distance suffisante pour être protégées par le verre contre la pluie, et assez éloignée de celui-ci pour que l'auvent ne forme pas serre ou chassis. L'air, circulant librement sous l'abri, l'élévation exagérée de la chaleur n'y

était pas à craindre, et je m'en suis assuré à l'aide de plusieurs thermomètres piqués dans la terre des pots.

J'ai préalablement calculé, par l'emploi des méthodes classiques, les quantités moyennes d'eau transpirées dans une quinzaine de jours par chaque décimètre carré de surface foliaire chez les espèces de plantes sur lesquelles j'allais expérimenter. J'évaluais ensuite la surface foliaire totale de chaque exemplaire et je pouvais donner ainsi à chaque plante des quantités d'eau suffisantes pour la faire pousser vigoureusement sans la faire pourrir par excès d'eau (*).

Les espèces qui m'ont servi dans les expériences d'arrosage intermittent sont l'Héliotrope, le *Chrysanthemum frutescens*, l'*Ageratum*, le *Coleus*, le *Pelargonium zonale* et l'*Achyrantes* que l'on cultive en grand pour l'ornementation au jardin public de Rennes.

Ces six espèces n'ont pas été choisies au hasard, mais parce qu'elles ont des besoins en eau très différents et parce que leurs structures sont elles-mêmes assez particulières. Leurs résistances à la sécheresse ou à l'excès d'humidité ne sont pas les mêmes dans ces conditions et l'on pouvait prévoir à l'avance que leurs bois secondaires n'enregistreraient pas de la même façon les à-coups artificiels de végétation auxquelles elles seraient soumises simultanément.

Ayant pris des boutures bien vigoureuses et bien enracinées,

(*) Cette méthode est suffisante pour déterminer l'action des arrosages discontinus sur les phénomènes particuliers que j'envisage seulement ici (formation des couches concentriques ligneuses et de tissus de séparation de ces couches).

Je me propose de faire ultérieurement des études plus précises et plus complètes en me servant — pour obtenir, soit des arrosages discontinus réguliers ou irréguliers, soit des arrosages continus suffisants ou insuffisants, complets ou fractionnés — d'appareils de physique basés sur le principe de la fontaine intermittente, à débit calculé d'après les besoins en eau de chaque plante aux diverses périodes de son existence, besoins déterminés par la mesure préalable de la transpiration de l'unité de surface foliaire pendant un même temps *t*. De semblables appareils seraient faciles à établir dans la pratique horticole et suppléeraient avantageusement la main d'œuvre, tant pour les plantes de serre que pour les plantes de pleine terre.

en pleine végétation, je les ai placées sous l'auvent double et les ai laissées sans arrosage pendant un mois environ, pendant la période de chaleur de juin.

J'ai constaté une réduction prononcée du feuillage, un arrêt progressif de la croissance en longueur puis un passage à l'état de vie ralentie. Les boutures ont durci, comme disent les horticulteurs.

Ces phénomènes ne se sont pas produits avec la même rapidité et la même intensité chez les six espèces en expérience. Ils ont été plus accentués et plus prompts chez les *Chrysanthemum*, *Ageratum* et Héliotrope que chez les *Coleus*, *Pelargonium* et *Achyranthes*, mieux adaptés à la lutte contre la sécheresse.

Une fois le durcissement produit, j'ai donné d'abondants arrosages, réguliers et suffisamment fréquents, dosés suivant les besoins particuliers de chaque espèce que je connaissais par les calculs de la surface transpiratoire et la valeur spéciale de l'unité de surface.

J'ai pu faire ainsi reprendre à chacune d'elles la croissance en longueur; en un mot, après avoir provoqué le passage à l'état de vie ralentie, j'ai obligé les plantes à reprendre la vie active.

Pour quelques-unes de ces plantes, j'ai arrêté l'expérience au bout de quelques semaines d'arrosage et de vie active. Chez les autres, j'ai fait une seconde fois la même expérience qu'en juin et juillet, puis j'ai placé les plantes en pleine terre jusqu'au commencement de novembre où je les ai récoltées et mises dans l'alcool pour en faire plus tard l'étude anatomique, comparativement avec celle des témoins venus dans les conditions habituelles à l'air libre, avec arrosages réguliers.

Toutes les tiges des témoins avaient des bois normaux, comprenant un seul anneau ligneux assez épais, à bois de printemps et d'automne très nettement différenciés chez l'Héliotrope, le *Chrysanthemum frutescens* et l'*Ageratum conyzoides*. Ces deux formations étaient beaucoup moins nettes chez les *Coleus*; les bois étaient sensiblement uniformes chez le *Pelargonium zonale*; enfin les *Achyranthes* avaient leur structure spéciale bien connue.

Les tiges des six espèces ayant subi des alternances de

sécheresse et d'arrosage avaient une structure ligneuse beaucoup plus tourmentée que celles des témoins.

Ainsi, dans l'Héliotrope, la coupe transversale de la tige d'une bouture traitée deux fois, avec production de vie ralentie et de vie active, et mise finale en pleine terre, présentait la structure suivante, très instructive (fig. 1, pl. XLVIII) :

Au centre se trouvait la moelle, formée de grandes cellules irrégulières à membranes minces, avec du parenchyme périmedullaire plus petit au voisinage du bois primaire. Au-dessus de celui-ci, on voyait une couche de bois secondaire déjà formée au moment du bouturage. Ce bois était déjà assez fortement lignifié. Quand la bouture avait été détachée de la plante, elle avait été placée sous chassis dans une atmosphère saturée d'humidité, et y était restée jusqu'à la mise progressive à l'air libre, la reprise étant complète. A cette période correspondait un bois plus mince et plus mou formant une faible couche au-dessus du premier.

La bouture, mise sous l'auvent et privée d'eau, avait ensuite donné une couche de bois dur

La période d'arrosages fréquents et abondants avait provoqué la formation d'un bois à larges vaisseaux, à membranes peu lignifiées et peu résistantes.

Venait ensuite un bois normal correspondant à la période de vie en pleine terre.

Ce qu'il y avait de très curieux, c'est que la couche de bois mou à larges vaisseaux, formée pendant la période d'arrosage, s'était trouvée pressée entre le bois dur précédent et le bois normal suivant. Les vaisseaux avaient cédé sous la pression et pris une forme très irrégulière : ce bois peut être désigné sous le nom de bois de compression par analogie avec le parenchyme de compression que l'on trouve fréquemment chez les organes âgés. L'écrasement vasculaire s'était produit comme cela se rencontre souvent dans le bois primaire pressé par les tissus secondaires.

Les membranes de quelques-uns de ces vaisseaux déformés manifestaient des signes de nécrose; ainsi j'aurais fait pourrir les boutures si j'avais continué les arrosages. J'étais, sans m'en

douter, arrivé à la limite de résistance à l'humidité pour l'Héliotrope.

Les épaisseurs relatives des cinq couches successives que l'on voit sur la photographie de la coupe (fig. 1, pl. XLVIII) proviennent de la durée différente des périodes auxquelles elles correspondent.

Ce qu'il importe de remarquer, c'est que les bois secondaires avaient très nettement enregistré les variations artificielles du régime de l'eau, leur intensité et leur durée relatives. Aux cinq périodes de vie différentes correspondaient cinq couches concentriques distinctes et formées de bois eux-mêmes différents (fig. 112).

Le liber semblait n'avoir pas été modifié par la variation des conditions de vie; il était resté normal, du moins en apparence, et contenait beaucoup de cristaux en oursin.

Le liège était issu de phellogènes successifs de plus en plus profonds, dont le dernier était péricyclique, et l'avant-dernier, formé dans les couches inférieures de l'écorce. L'exfoliation s'était effectuée de bonne heure et avait rejeté le reste du périoderme.

Les boutures de *Chrysanthemum frutescens* furent celles qui résistèrent le moins à la sécheresse. A la suite du manque d'arrosage pendant un mois, elles étaient presque dépourvues de feuilles et les arrosages ne leur firent reprendre que lentement la vie active. Leur végétation fut d'ailleurs peu brillante. Un peu plus tard, au lieu de les mettre en pleine terre, je les plaçai dans l'alcool.

Leur tige, en coupe transversale, présentait, en plus de la couche minime de bois tendre formée pendant la vie dans l'atmosphère saturée du chassis, deux couches concentriques très nettes dans les bois secondaires, à la façon de certaines plantes remontantes.

L'*Ageratum conyzoides* fut traité de deux façons : un premier lot fut récolté avant la mise en pleine terre comme pour le *Chrysanthemum*; le second lot fut mis en pleine terre à la façon des autres boutures et reçut les mêmes traitements.

Toutes les boutures du premier lot, en coupe transversale,

présentaient deux couches concentriques séparées par des fibres

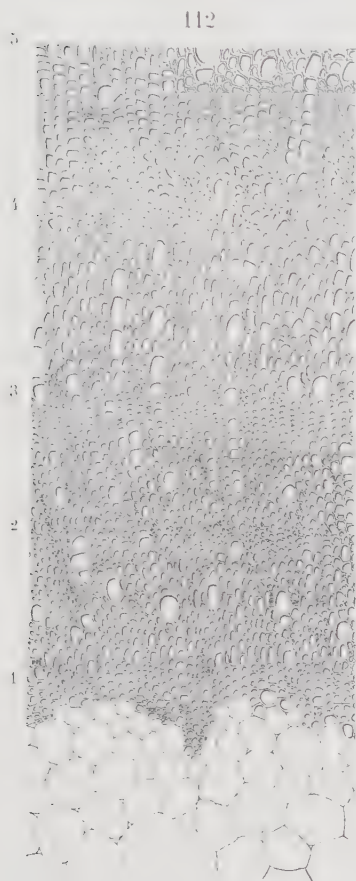


Fig. 112. —
Héliotrope ayant
subi des alternan-
ces de sécheresse
et d'humidité,
après bouturage.
La durée des arro-
sages et des péri-
odes de sécheresse
ayant été inégale
à chaque fois, les
bois formés pen-
dant ces périodes
sont de dimen-
sions et de nature
différentes.

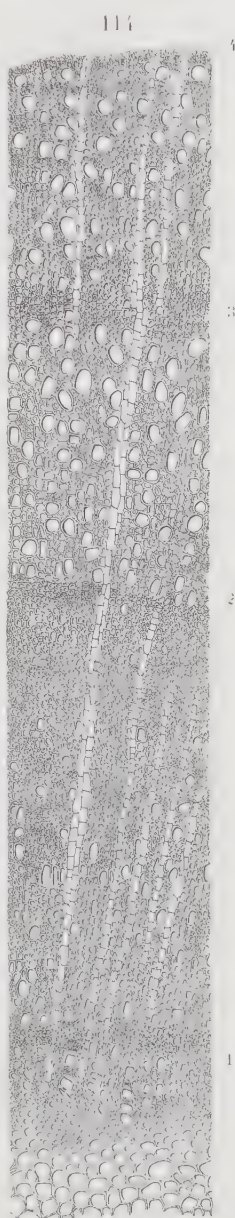


Fig. 114. —
Pommier d'un an
pincé trois fois, à
des époques diffé-
rentes, par consé-
quent à des mo-
ments différents
du développe-
ment.

On voit :

1° Que la for-
mule $n + 1$ peut
s'appliquer ;

2° Que les tissus
formés à la suite
de la régénération
des parties suppri-
mées varient de
forme et de nature
suivant l'époque à

laquelle ont été faits les divers pincements, autrement
dit, de l'avancement de la saison et de la vigueur rela-
tive du rameau considéré.

Un pincement, fait au printemps au moment de la
formation normale du bois de printemps, ne peut avoir
pour résultat la formation d'un bois accidentel sembla-
ble à celui qui se produit quand on pince ou taille le
rameau au moment de la pousse d'août, puisque les
conditions des milieux internes et externes ne sont pas
les mêmes. En coupant des rameaux semblables d'un
même arbre, pincés à des époques différentes, on trouve
donc des bois variables, car les effets du ralentissement
de végétation causés par le pincement dépendent de
la plante et des conditions climatologiques au moment
de chaque opération.]

ligneuses aplaties tangentielllement et se distinguant nettement du bois à larges vaisseaux et moins fibreux qui avait suivi la reprise de végétation. Ces boutures avaient mieux résisté à la sécheresse que celles du *Chrysanthemum frutescens*.

Les tiges des boutures du second lot avaient une structure plus tourmentée. On y pouvait observer la phase de vie sous chassis saturé d'humidité, puis la période de durcissement, longue et prononcée. L'action de l'humidité produite par l'arrosage avait été normale, en ce sens que le bois formé à ce moment correspondait au bois normal. La transition de la vie de la plante soumise à un arrosage rationnel sans exagération à la vie à l'air libre en pleine terre s'était produite sans secousse et les bois formés pendant les deux périodes ne présentaient aucune séparation visible (fig. 2, pl. XLVIII).

Les résultats fournis par ces expériences sur les trois premières plantes traitées sont concordants. Ils montrent que si n représente le nombre des à-coups de végétation suffisamment espacés produits par les arrosages intermittents, au moment où il existe dans la tige une première couche de bois secondaires, le bois secondaire formé au cours de l'année comprend $n + 1$ anneaux concentriques, comme chez les plantes remontantes où cette formule est applicable.

Chez les *Coleus*, les coupes des tiges des boutures traitées comme celles de l'Héliotrope, ont donné des structures légèrement différentes suivant les variétés en expérience.

L'une d'elles avait des feuilles panachées de blanc jaunâtre et de verdâtre. Les bois secondaires (fig. 3, pl. XLVIII) présentaient des séparations assez nettes, vus à un assez faible grossissement.

L'autre avait des feuilles rouge brun. Dans celle-ci les à-coups provoqués par les alternances d'arrosages et de sécheresse n'avaient eu qu'une influence peu sensible sur les bois secondaires qui étaient restés presque uniformes (fig. 4, pl. XLVIII).

Les résultats ainsi fournis par cette espèce sont intéressants à un double titre. Ils montrent l'influence particulière de l'espèce, suivant qu'elle est plus ou moins adaptée aux variations

du milieu et aussi celle des diverses variétés dans une même espèce, certaines étant mieux adaptées que d'autres. Probablement la nature de la couleur y est pour quelque chose, le pigment jouant le rôle d'écran vis-à-vis de la radiation lumineuse.

Moins sensibles encore aux à-coups de végétation sont les boutures de *Pelargonium zonale*, qui avaient gardé leur structure uniforme.

Voulant me rendre compte du degré de résistance de cette plante aux variations du milieu, j'ai cultivé pendant cinq ans une bouture en pot, sans renouveler la terre et sans fumure aucune. Je l'ai fait souffrir de toutes les manières par l'absence d'arrosages, puis par des arrosages exagérés, par la mise brusque à l'ombre dans un appartement obscur et par l'exposition à une lumière vive, par le froid à la température de 0°, etc. J'ai constaté la mort de portions de sa tige plus ou moins étendues, mais les parties durcies à la base ont persisté à vivre et ont chaque fois régénéré les parties desséchées, gelées ou pourries.

La coupe transversale de la tige, dans la région âgée de cinq ans, possédait un bois secondaire beaucoup plus fibreux qu'à l'ordinaire, mais de structure très sensiblement uniforme dans toute son étendue.

Il y a donc des plantes chez lesquelles les bois secondaires n'enregistrent pas les à-coups de végétation causés par les variations du régime de l'eau, comme cela se passe pour certaines plantes remontantes.

Une autre preuve en est donnée par les boutures de l'*Achyranthes Verschaffelti*. La coupe de la tige (fig. 1, pl. XLIX) montre que les seules variations produites consistaient en un nombre différent des couches irrégulières péricycliques et dans les variations de leur volume : il y avait diminution dans les périodes sèches et augmentation dans les périodes d'humidité, mais rien dans les bois ne permettait de distinguer les moments précis où ces différences, d'ailleurs peu sensibles, s'étaient produites.

B) ACCLIMATATION ET ADAPTATION

Je me suis proposé de rechercher ce qui se passe dans les tissus ligneux quand une plante change de climat et de station, comme c'est le cas pour quelques espèces étrangères cultivées dans les jardins botaniques; quand une espèce indigène change de station; quand, par tuteurage, on amène un organe à prendre une position anormale; enfin quand on oblige une partie d'un végétal à occuper par rapport au sol un niveau différent de son niveau normal.

I. CHANGEMENTS DE CLIMAT ET DE STATION

Au Jardin des Plantes de Rennes existent un certain nombre de plantes étrangères qui peuvent y vivre pendant un temps plus ou moins long, en pleine terre, dans des conditions toutes différentes de celles qu'elles rencontrent dans leur patrie d'origine.

Les registres d'acquisition et de plantation permettent d'en connaître l'âge, concurremment avec les moyens que l'on emploie d'ordinaire à cet effet.

J'examinerai ici le *Dirca palustris*, comme type de plantes étrangères changeant de sol et de climat. A Rennes, plantée dans la terre de bruyère et ne recevant que des arrosages intermittents, cette espèce pousse assez peu et finit par périr au bout d'une dizaine d'années, après avoir donné des pousses de plus en plus chétives.

La coupe de sa tige, à peu de distance du collet, présentait des couches concentriques bien nettes jusqu'à la sixième année de son âge. C'est que, jusqu'à ce moment, la plante avait été soignée tout spécialement, placée en serre et avait reçu les arrosages nécessaires. Mise à l'air au jardin, ne recevant plus d'eau en quantité suffisante, elle avait languï; ses pousses étaient devenus unilatérales, car elle était gênée par une plante voisine.

Les bois formés pendant cette période étaient en arc, de plus en plus réduits et de moins en moins distincts (fig. 4,

pl. LI). Les trois dernières couches en arc correspondaient à une période de six ans.

Ainsi le *Dirca palustris* s'était adapté à la façon des petites branches d'arbres que j'ai étudiées dans le 2^e groupe de la 1^{re} partie de cet ouvrage.

L'adaptation d'une plante palustre à une station anormale sèche n'est pas toujours suivie d'une réduction du nombre des couches concentriques quand on a soin de lui donner des arrosages suffisants et espacés modérément. C'est ce que fait ressortir nettement l'étude des tiges rampantes du *Comarum palustre* cultivé en baquet au Jardin des Plantes de Rennes.

La tige rampante de cette Rosacée donne facilement des racine adventives; les parties anciennes meurent rapidement dans les stations aquatiques, de telle sorte que la structure ligneuse est uniforme chez les pieds venus dans les terrains toujours humides.

A Rennes, les conditions sont différentes. La plante passe par des alternatives de sécheresse et d'humidité, car le baquet où elle est cultivée n'est pas étanche et l'eau ne lui est fournie qu'à intervalles parfois éloignés. Ses pousses atteignent de 8 à 15 centimètres de longueur dans ces conditions et sont couchées sur le sol.

La coupe d'une de ces tiges, récoltée au mois d'octobre, présentait une structure dorsiventrale avec dos du côté de la lumière et ventre du côté du sol (fig. 4, pl. LI).

Les bois secondaires étaient formés de couches concentriques, d'épaisseur variable, plus ou moins distinctes les unes des autres, et disposées en forme d'anneau ou d'arc suivant les cas. Ainsi le tissu ligneux avait enregistré les variations particulières du milieu où la plante s'était développée. Ici la pénurie d'eau n'avait pas été excessive pendant la croissance de la plante et celle-ci avait été suffisante à certains moments pour donner du bois de printemps distinct.

Pour que les couches concentriques ligneuses apparaissent, il faut donc fournir pendant un temps suffisant la quantité d'eau exigée par l'espèce pour donner du bois de printemps. Si celui-ci n'apparaît pas, la structure reste uniforme,

De même, il faut que la plante reçoive ultérieurement une quantité d'eau plus faible et telle qu'elle détermine la formation du bois d'automne, sans quoi la structure reste encore uniforme.

A Erquy, dans les Côtes-du-Nord, j'ai fait d'autres expériences avec les *Chlora perfoliata* et *Carlina vulgaris*.

Le *Chlora perfoliata* est une Gentianée annuelle qui, d'après les observations de divers botanistes, n'existait pas dans la Garenne d'Erquy, il y a une quinzaine d'années. Elle y est abondante aujourd'hui et s'y est fort bien acclimatée.

J'ai récolté ses graines et en ai fait deux lots. Le premier fut semé au printemps dans la partie marécageuse de la lande, là où poussent le *Juncus maritimus*, l'*Epipactis palustris*, l'*Anagallis tenella*, le *Schœnus nigricans* et autres plantes des lieux humides; le second fut semé dans la partie sèche et rocailleuse, plus élevée, où perce le grès rose et où poussent le *Cirsium acaule*, le *Carlina vulgaris*, le *Juniperus*, etc.

Au mois d'août suivant, je cueillis quelques pieds de vigueur sensiblement comparable dans les exemplaires du premier et du second lot et j'étudiai comparativement la structure de leur racine au voisinage du collet.

Dans les divers pieds, la structure était sensiblement la même. Au centre, du bois de rosette; à la périphérie, du bois de fructification; ces deux bois passaient insensiblement de l'un à l'autre et présentaient, à ce moment, presque la même dureté.

On pourrait croire que la plante passant ainsi de la région sèche, sa station habituelle, dans la région palustre, n'a pas subi les adaptations ordinaires et qu'il s'agit ici d'une exception concernant une plante surtout calcicole, mais peu difficile sur la station dès l'instant que ses appétences en calcaire sont satisfaites.

Si l'on examine de plus près les conditions dans lesquelles a été faite l'expérience, on se rend compte que les différences de milieu ne sont pas aussi accentuées qu'on pourrait le croire dans les deux stations. La lande tourbeuse se dessèche presque aussi vite aux premières chaleurs que la partie rocheuse voisine. La vie des deux séries de *Chlora*, après la phase printannière de

rosette venues à un moment où l'humidité est grande ne diffère guère dans les deux stations. Aux premières chaleurs, c'est-à-dire pendant le développement de la tige florale et pendant la fructification, les conditions de sécheresse de la lande desséchée et fendillée et celles de la portion rocailleuse s'équivalent; et la vie des deux plantes est à peu près la même dans les deux stations quant au régime de l'eau. Il n'y a donc rien de surprenant à ce que, à ce moment, la structure devienne celle d'une plante xérophyte, bien que les pieds de *Chlora* aient été semés dans un milieu palustre pendant la saison des pluies.

Ainsi se comprend la structure xérophytique des Ericacées venant dans les landes inondées l'hiver et desséchées l'été (*Gaulthiera*, *Oxycoccus*, *Cassiope*, etc.).

Je ferai en outre remarquer que les îlots de liber intraxylaire n'existaient, chez le *Chlora perfoliata*, que dans le bois de fructification.

Dans certaines Crucifères, comme je l'ai déjà indiqué, les îlots de parenchyme intraxylaire ne se trouvent également que dans le bois de rosette.

Est-ce simple coïncidence ou faut-il voir dans cette disposition semblable un rapport entre ces formations spéciales et la rapidité de l'allongement des entrenœuds, le nombre de ceux-ci, la disposition et la capacité fonctionnelle des feuilles différentes comme forme dans la rosette et dans la tige florale ? Des expériences précises et l'étude complète du développement seraient nécessaires pour élucider le problème et voir ce qu'il y a de fondé dans cette hypothèse.

Le *Carlina vulgaris* est une Composée bisannuelle fréquente dans la Garenne d'Erquy sur les parties rocheuses. J'en ai récolté les graines dont j'ai fait deux lots; le premier fut semé dans la station normale pierreuse et sèche; le second dans les parties palustres de la lande.

Dans cette dernière station, le nombre des germinations fut moindre, mais cependant un certain nombre de pieds résistèrent, fleurirent et fructifièrent.

Au premier abord, on aurait pu croire que cette plante xérophyte ne pourrait passer l'hiver dans une station presque

palustre. Cela montre que certaines espèces ont des facultés d'adaptation très étendues.

La structure de la racine des plantes des deux lots, recueillies au moment où le développement était arrivé à un même point, était la même, à part quelques différences dans l'étendue relative des tissus, différences peu importantes d'ailleurs.

Quand on étudie les phénomènes d'adaptation et les structures, il y a donc lieu de serrer de très près l'observation du milieu. L'écologie comprend tant de facteurs que l'on ne peut prévoir la résultante que par un examen expérimental approfondi; il ne faut pas toujours se fier aux apparences.

2. MODIFICATIONS DU RÉGIME DE L'EAU PAR TUTEURAGE ET COURBURES DIVERSES.

En arboriculture fruitière, on modifie fréquemment le régime de l'eau dans un organe par le tuteurage. L'on abaisse ou l'on redresse des rameaux ou des branches chez les arbres fruitiers dans le but de diminuer ou d'augmenter leur vigueur. Lucien Daniel a montré que cela revient à réduire ou à augmenter l'irrigation de ces organes (56).

Dans les expériences que j'ai faites sur ce point, j'ai recherché : 1° les modifications anatomiques qui apparaissent quand on oblige un stolon de Fraisier à vivre à une certaine hauteur au-dessus du sol, sans pouvoir s'enraciner; 2° celles qui se produisent quand on couche sur le sol un rameau vertical de *Pachysandra procumbens* et quand on relève un rameau retombant très jeune; 3° les variations de structure amenées par la culture japonaise chez un *Retinospora*.

a) *Fraisier*

S'il est facile de redresser les stolons de Fraisier, il est beaucoup plus difficile de les maintenir vivants plusieurs années de suite. Ainsi sur plus de vingt pieds dont j'avais tuteuré les stolons dans la direction verticale, j'ai réussi seulement à obtenir un stolon qui a passé l'hiver, a fleuri à l'époque normale,

et a donné quatre fraises avec quelques stolons filiformes (fig. 113). Naturellement ceux-ci étaient retombants et tendaient à retrouver le sol pour former des pieds nouveaux.

En coupe transversale, un stolon de Fraisier d'un an pré-



Fig. 113. — Stolon de *Fragaria vesca*, maintenu verticalement, à l'aide de deux ligatures en raphia, sur un support et ayant vécu deux ans dans cette position.

P, pied de l'année précédente ayant formé le stolon redressé.

p, nouveau pied, âgé d'un an, formé au sommet du stolon.

c, un des faibles stolons qui se sont développés au sommet. On voit qu'il a lui-même donné un bourgeon feuillé et qu'il tend à se rapprocher du sol.

Ce stolon, ainsi que le petit stolon voisin non encore feuillé, est apparu seulement après la fructification du nouveau pied aérien p, qui, malgré sa situation absolument anormale, a donné quatre excellentes fraises.

Ces fraises avaient tous les caractères habituels de forme, de couleur et de goût, qui distinguent la variété docteur Moree, particulièrement appréciée à Rennes. Elles étaient toutefois restées plus petites ; mais, en revanche, elles étaient beaucoup plus riches en sucre.

Ces résultats sont faciles à comprendre et à expliquer.

Le pied p, par le fait même de sa situation dressée, était moins abondamment irrigué que le pied normal P.

De là, la diminution de la dimension des pousses et de la grosseur des fraises.

Mais celles-ci, moins aqueuses, étaient naturellement plus riches en sucre et plus agréables au goût.

C'est un fait bien connu en horticulture ; il se retrouve chez nos légumes et nos fruits où la saveur est considérablement influencée par le régime de l'eau qui passe dans le végétal.

sente, au voisinage de son insertion sur le pied mère, la structure habituelle de la tige.

Au centre se trouve une moelle très développée et riche en amidon. Du parenchyme pérимédullaire borde le bois primaire,

et celui-ci se continue par du bois secondaire dans lequel les vaisseaux, en files radiales, sont séparés par des rayons médullaires étroits, comprenant une seule rangée de cellules.

Le bois de printemps se distingue assez nettement du bois d'automne pour ses vaisseaux plus grands, plus nombreux, et par ses fibres plus rares. Le bois d'automne a des fibres à membranes plus épaisses et aplaties tangentielllement. Le liber se partage en deux parties superposées : un anneau de liber mou et un anneau de liber dur. L'endoderme se distingue par sa richesse en amidon.

L'écorce est normale. Sous l'épiderme, on trouve un hypoderme collenchymateux assez épais et coloré en rouge brunâtre par un pigment spécial. Les cellules du parenchyme cortical contiennent aussi de l'amidon, mais en moindre quantité que celles de la moelle ou de l'endoderme.

La moelle et l'écorce ont des dimensions semblables. Le bois et le liber sont d'épaisseur sensiblement égales et cette épaisseur est égale au cinquième environ de celle de la moelle.

Dans les coupes que j'ai faites, le phellogène n'avait pas encore apparu.

J'ai cueilli le stolon, dressé verticalement, que j'étais parvenu à maintenir vivant jusqu'au milieu d'août, mais qui était mort desséché à cette époque. J'en ai étudié la structure à différents niveaux.

A deux centimètres de son insertion sur le pied mère, la coupe transversale du stolon présentait une moelle normale, un parenchyme périmédullaire et un bois de première année semblables au stolon d'un an à la fin de l'automne. Au-dessus de ce bois d'automne se trouvait un anneau complet de bois secondaire avec dos et ventres irréguliers. Ce bois de deuxième année était à vaisseaux plus étroits et moins nombreux que dans le bois de première année; les fibres y étaient plus abondantes et plus distinctes.

Le liber présentait également deux couches distinctes formées chacune de liber dur et de liber mou. Les fibres libériennes âgées de deux ans étaient plus épaissies et formaient une couche plus large que celles âgées d'un an, plus récemment formées.

Le périderme, épais et durci, était en voie d'exfoliation.

Dans la partie moyenne mince du stolon, la disposition était la même; la seule différence consistait dans les dimensions réduites des divers tissus.

Au voisinage du pied de Fraisier situé au sommet du support, le stolon était plus gros qu'à la base et la structure semblable, avec une épaisseur plus grande du bois de deuxième année et une irrégularité plus forte.

Les stolons faibles qui se détachaient de ce pied avaient la structure normale, mais les dimensions des tissus de la coupe étaient très réduites par rapport aux stolons normaux.

Le pétiole de la feuille âgée de deux ans avait des faisceaux libéroligneux à bois très développé homogène et sans traces de couches concentriques. Cependant la teinte était différente dans le bois le premier formé et dans le suivant, lors de la dessiccation de la plante. Le plus vieux était brun foncé; le plus jeune, jaune fauve.

Ainsi, dans cette expérience, la persistance de la vie pendant deux ans chez le stolon habituellement annuel avait eu pour conséquence la formation de deux couches ligneuses nettes dans toute l'étendue du stolon.

Le redressement de cette tige normalement rampante avait été suivi d'un changement dans la nature des bois qui étaient devenus plus fibreux et plus épais, la fonction de soutien ayant pris, par le changement de station, une importance qu'elle n'avait pas dans le stolon couché.

La plante avait donc réagi conformément aux lois de la statique végétale.

b) *Pachysandra procumbens*

Comme son nom l'indique, le *Pachysandra procumbens* présente normalement des tiges rampantes, dont j'ai déjà indiqué la structure. Il possède aussi des tiges dressées verticalement.

J'ai, au début de la végétation de ces pousses dont le futur état *erectus* ou *procumbens* est facile à reconnaître, redressé les

rameaux qui allaient ramper sur le sol et couché les rameaux qui allaient devenir dressés.

La structure de la tige redressée ne différait pas ou à peine de celle de la tige, normalement érigée; le bois y était formé d'un anneau complet, à peine dorsiventral.

La tige artificiellement devenue rampante avait la structure des tiges naturellement rampantes. La dorsiventralité était très nette; la forme et la nature des bois étaient différentes (fig. 4, pl. LVI).

C'est donc bien à la direction géotropique de ces rameaux, provoquant un éclaircissement uniforme sur toutes les faces ou au contraire un éclaircissement unilatéral qu'il faut attribuer la symétrie ou l'asymétrie de leur structure secondaire ligneuse.

c) Arbres japonais

L'arbre japonais dont j'ai pu examiner la structure était une variété de *Retinospora*, âgé sûrement de plus de 50 ans, bien qu'il ne fût pas possible d'en fixer l'âge exact. Il me fut gracieusement donné, il y a quelques années, par M. et Mme Washington Lopp à qui j'adresse mes meilleurs remerciements pour m'avoir ainsi permis d'étudier un des curieux spécimens de l'horticulture japonaise.

Cet arbre était cultivé en un pot de faibles dimensions ; il avait été, à l'aide de fils métalliques et de bandes, contourné en S très resserré. Il formait une pyramide assez régulière et bien fournie de 40 centimètres de hauteur et de 30 centimètres de diamètre à sa base.

J'ai fait un grand nombre de coupes dans les racines et les tiges de cette plante rendue artificiellement naine par l'emploi de procédés où les courbures et la réduction de l'aliment avaient sûrement joué un rôle fondamental.

Les coupes de la racine principale (fig. 3, pl. XLIX) et de la tige principale au voisinage d'une courbure horizontale (fig. 4, pl. XLIX), sont remarquables par l'irrégularité de leurs couches concentriques ligneuses. Celles-ci forment tantôt un anneau complet plus ou moins dorsiventral, tantôt des arcs d'étendue

variable avec un dos toujours situé du côté opposé à la forte pression exercée par la courbure.

Les arcs ligneux sont situés en des points divers, sans régularité et sans raison apparente. Mais l'examen extérieur de la tige rendait assez facilement compte de cette disposition. L'on pouvait voir que si les S formés par les courbures successives étaient alternativement de sens contraire et formaient une sorte d'échelle, des torsions effectuées par le jardinier avaient détruit cette régularité à certaines époques.

Une branche latérale assez forte avait été conservée au voisinage du collet de la plante pour raison de symétrie, et elle servait à boucher un vide. Cette branche était située au-dessous du point par où passait la coupe de la tige (fig. 4, pl. XLIX). C'est ainsi que peut se comprendre l'asymétrie plus prononcée de la coupe de la racine (fig. 3, pl. XLIX).

La courbure avait quelquefois été suivie d'une brisure intérieure au moment où la couche génératrice libéroligneuse était en pleine activité; ou bien l'écorce, au sens ancien du mot, s'était détachée du bois à ce moment. Il s'était alors formé du tissu cicatriciel très distinct par son aspect spécial.

Il m'avait été très difficile de préciser l'âge exact de ce végétal par l'examen extérieur de sa tige; et, d'autre part, je n'avais en ma possession aucun commémoratif sur son origine et sur les traitements dont il avait été l'objet. Dans ces conditions, il était absolument impossible de savoir si le nombre des couches ou arcs concentriques correspondait avec l'âge. Cependant la distinction de ces couches perdait de sa netteté dans la partie périphérique de l'axe et je crois ne pas trop m'avancer en disant que cette concordance n'existait pas. En effet, la coupe de la tige principale avait un nombre de couches concentriques plus grand que celle de la racine qui était pourtant au moins aussi âgée qu'elle.

Cette différence tient évidemment aux courbures qui ont pu être faites, à plusieurs reprises, dans le cours d'une même année ou à des à-coups de végétation artificiellement provoqués. On conçoit que deux couches en arc, situées sur une même circonférence, ne soient pas contemporaines obligatoirement.

Le fait que la racine a des couches ligneuses concentriques moins nombreuses que dans la tige montre que l'emboîtement des cônes cesse de bonne heure chez les arbres ainsi torturés, et que la réduction de la production des substances plastiques est suivie, comme cela a lieu plus tard dans les arbres normaux, d'un changement dans leur répartition. Celle-ci, au lieu d'être générale et d'intéresser l'axe entier, ne se fait plus qu'au voisinage des points de fabrication de la sève élaborée.

L'interprétation de la structure d'un arbre japonais est par conséquent très délicate. Pour la faire avec certitude, il faudrait connaître l'époque des courbures, la nature des traitements que l'arbre a subis, en un mot connaître son histoire physiologique complète. Autrement on ne peut qu'émettre des hypothèses générales; il est impossible de savoir si tels phénomènes sont dûs à un facteur plutôt qu'à un autre, quand ils peuvent être produits séparément par l'un d'eux. C'est le cas pour les variations des tissus ligneux que j'envisage spécialement ici.

3. MODIFICATIONS PRODUITES PAR LE CHANGEMENT DE NIVEAU DES ORGANES SOUTERRAINS DE LA PLANTE

Royer (49) a montré que les plantes se conforment à ce qu'il a désigné sous le nom de loi de niveau. Si on plante trop profondément certains tubercules ou si on ne les enterre pas assez, le végétal arrive au bout d'un temps plus ou moins long à reprendre le niveau spécifique qui lui convient.

Ce résultat est accompagné de modifications diverses qui ont été bien étudiées par divers physiologistes, en particulier par Mascart.

Je me suis demandé quelle était l'influence d'un tel changement de niveau sur la structure de l'*Æchium vulgare*, plante en général bisannuelle, et dont la phase de rosette est particulièrement marquée.

J'ai enterré, à des profondeurs semblables, des pieds de cette plante, âgés d'un an, dans un terrain très sablonneux, situé sur les hauteurs d'Erquy, non loin de la mer.

Un de ces pieds a donné deux pousses; la première continuant le pied primitif était venue former une nouvelle rosette à la surface du sol; la seconde pousse s'était développée sur la racine et avait fourni une hampe florale de taille moyenne.

J'ai fait passer une coupe dans la partie âgée d'un an située sous la rosette du premier rameau. La structure était celle d'une tige, avec ses pointements primaires caractéristiques. Le bois formait des paquets séparés par du parenchyme ligneux. Les rayons médullaires étaient larges et très distincts, et l'on voyait des lacunes dans leur parenchyme; non loin des pointements primaires, se trouvait du parenchyme de dilatation. La moelle était bien développée, comme dans la tige.

La structure était celle de la phase de rosette exclusivement (fig. 1, pl. L).

Une autre coupe passant dans la racine au-dessous de la rosette enterrée et par conséquent âgée de deux ans présentait la structure typique de la racine, à centre dépourvue de moelle et à bois primaire caractéristique entouré par le bois de rosette (fig. 2, pl. L).

Il n'y avait pas de bois de fructification, la tige fleurie ayant poussé au-dessous de ce niveau et on lui eût donné un an d'âge d'après sa structure.

Enfin j'ai fait une coupe dans la partie de la racine voisine de la pousse fleurie, de taille plutôt minime. J'ai trouvé la structure de la racine âgée de deux ans. La pousse florale avait fourni assez de produits plastiques pour que ceux-ci soient descendus dans cette partie et y aient formé leurs bois durs caractéristiques (fig. 2, pl. L).

Ainsi, dans ce pied, le rétablissement du niveau de la rosette et la floraison d'un assez fort rameau de remplacement avaient laissé dans les bois secondaires la trace du changement des conditions de vie. La plante s'était comportée sous ce rapport comme si les parties anciennes de la racine étaient passées purement et simplement à l'état de vie ralentie dans la partie supportant le rameau resté à la phase de rosette, tandis que la région plus inférieure, alimentée par le rameau fructifère prenait la structure d'une racine de deux ans.

Une deuxième Vipérine plus vigoureuse encore, enterrée de la même manière, avait donné une forte rosette et une tige aérienne très développée. Avant la fructification complète, elle fut décapitée et donna ensuite une pousse de remplacement assez forte.

Sur cette plante, j'ai pratiqué deux coupes, la première dans la racine primitive enterrée; la seconde au-dessous de la rosette de remplacement située sur le sol.

L'ancienne racine présentait, au centre, un bois de rosette dont la partie primaire centrale avait des vaisseaux plus lignifiés. Le bois de montée à fruits formait un anneau épais, bien distinct du bois de rosette.

Du côté du rameau réparateur s'était formé un arc de bois de régénération comme nous en verrons plus loin des exemples en étudiant le résultat des mutilations.

Dans la coupe faite au voisinage de la rosette de remplacement, la structure était celle d'une tige avec moelle centrale et bois primaire entourés presque exclusivement par du bois de fructification. La phase de rosette ayant été très courte, et la phase de fructification rapide et accentuée, c'était celle-ci qui avait prédominé dans le bois secondaire.

L'arc de bois de régénération était plus distinct encore du bois de fructification dans cette coupe que dans la précédente.

Un troisième pied avait été enfoui plus profondément que les précédents. Sa tige de montée vers le sol avait été mince et la rosette de remplacement assez faible. Une tige florale également faible avait cependant apparu à l'époque habituelle. Comme précédemment, elle fut décapitée.

Une coupe, faite dans la racine au-dessous de la rosette enterrée, présentait un large bois de rosette avec un arc de bois dur de fructification peu épais et en face duquel les rayons médullaires présentaient des lacunes dans le parenchyme de dilatation (fig. 3, pl. L).

Une coupe passant au-dessous de la rosette de remplacement présentait la structure d'une tige avec une couche de bois dur, dans laquelle l'on voyait une dorsiventralité résultant des

pousses faibles de régénération qui s'étaient formées après la décapitation.

Les différences entre ces deux exemplaires, traités de la même manière, sauf pour la profondeur à laquelle ils avaient été placés, sont d'ordre plutôt quantitatif que qualitatif. Et cela est conforme à ce que l'on sait sur l'influence de la profondeur sur le développement d'un végétal que l'on plante ainsi au-dessous de son niveau normal.

Toutes ces variations de structure sont plus faciles à comprendre quand on les compare à la structure des témoins venus dans les conditions normales, c'est-à-dire qui furent cultivés dans le même sol et sans subir de déplacement en profondeur.

La racine de la plante à rosette, âgée d'un an, a la structure typique de cet organe dans l'*Æchium vulgare* (fig. 1, pl. LI).

A l'âge de deux ans, on y trouve du bois de rosette entouré par du bois de fructification, comme dans la figure 2 de la planche L.

En examinant la structure au voisinage même de la rosette, on trouve la structure de la racine avec une moelle très développée, riche en réserves, entourée par du bois de rosette et du bois de fructification (fig. 4, pl. L); celui-ci est le moins développé.

Chez les pieds qui deviennent accidentellement vivaces, le bois de fructification l'emporte au contraire et présente des couches concentriques assez peu distinctes (fig. 3, pl. LI). Ces pieds vivaces sont relativement assez rares dans la Vipérine; les pieds plurannuels y sont plus communs, mais la structure de leur racine ne comprend que du bois de rosette tant que la plante n'a pas fleuri.

Ce qu'il y a en outre de curieux chez les Vipérines, c'est la présence dans les organes souterrains, au sommet très dilaté du parenchyme des rayons médullaires, de lacunes corticales assez étendues qui donnent aux coupes un aspect caractéristique.

Les variations de la structure des plantes suivant les changements de milieu que je viens de décrire montrent bien qu'une même plante peut réaliser des dispositions anatomiques variées quant à la nature de ses tissus ligneux secondaires et à leur

groupement en couches concentriques, qui peuvent être rendues très distinctes ou devenir, au contraire, confuses par l'absence de démarcation entre les éléments du tissu ligneux.

On peut donc réaliser expérimentalement, par des variations appropriées du milieu extérieur, diverses dispositions rencontrées dans la structure des plantes venues dans leurs stations naturelles et les expliquer ainsi.

L'âge d'une plante ou d'un organe ne saurait être indiqué rigoureusement par le nombre des couches concentriques de son bois secondaire que si le milieu extérieur est tel qu'il imprime à la plante ou à l'organe une phase de vie active suffisamment intense suivie d'une période de vie ralentie bien tranchée.

C'est à tort que les classificateurs ont parfois fait état d'une façon absolue des données du développement en classant les plantes monocarpiques en plantes annuelles, bisannuelles et même plurannuelles. L'hérédité de la durée relative du développement, loin d'être constante, est facilement vaincue par les changements du milieu, même dans la nature. Cette notion doit donc être abandonnée.

On peut aussi critiquer l'insuffisance de précision de la division des plantes monocarpiques et polycarpiques, car cette distinction n'est pas absolue dans la nature et varie par l'action des changements de milieu.

Dans toute étude anatomique concernant les tissus secondaires ligneux, il est indispensable de connaître d'une façon certaine l'âge de l'organe que l'on examine et les conditions spéciales qui ont présidé à son développement si l'on veut interpréter exactement sa structure. Autrement l'on s'exposerait à de grosses erreurs. Si la structure primaire peut s'étudier sans tenir compte de ces considérations, comme l'a fait Van Tieghem, les structures secondaires ne peuvent être décrites et interprétées sans le secours de l'écologie.

4. ACTION DU VENT

Le vent a d'une part une action purement mécanique et d'autre part une action desséchante.

Ses effets se comprennent facilement dans les deux cas. Ainsi, par son action mécanique, il entraîne des dorsiventralités, par exemple. Par son action desséchante, il accentue les effets naturels de la sécheresse.

J'ai pu vérifier qu'il en est ainsi chez des végétaux plantés au bord de la mer, dans des dunes sablonneuses à sous-sol gréseux, aux environs d'Erquy.

Des Tilleuls et des Erables superbes, âgés de 4 ans, ainsi transportés du jardin du pépiniériste dans les dunes, étaient presque morts, malgré une plantation très soignée. Ils s'étaient desséchés progressivement du sommet vers la base et ne portaient plus que quelques rameaux rabougris au voisinage du sol.

En coupe transversale, on observait la réduction progressive des anneaux ligneux qui finissaient par se transformer en arcs. En un mot, un arbre jeune en pleine santé, s'était, en quatre années, transformé en un arbre rabougri.

Depuis longtemps d'ailleurs, les praticiens ont constaté la nécessité de protéger les plantations contre les vents des bords de la mer qui sont d'autant plus funestes aux plantes que celles-ci sont moins adaptées au climat maritime.

J'ai constaté en outre que, dans les jardins établis sur le sous-sol sablonneux des dunes, la taille d'hiver des arbres fruitiers a pour conséquence rapide la mort des arbres jeunes. Ceux-ci donnent des pousses chétives qui se dessèchent par la pointe. L'étude anatomique des parties anciennes montre que les effets du vent sont analogues à ceux de la sécheresse et considérablement accentués par la taille d'hiver ou par celle d'été quand celle-ci laisse les vaisseaux ligneux béants.

Ce sont là des faits qu'on retrouve chez nombre d'arbres et d'arbustes, comme le Peuplier, le Rosier, etc., placés en courants d'air de forte intensité.



DEUXIÈME GROUPE. — Variations de structure causées par les mutilations du tissu conducteur ligneux

Depuis fort longtemps l'on a observé que, par des mutilations appropriées, l'on pouvait modifier le port des plantes et leur production. L'arboriculture, la viticulture, la culture maraîchère, la greffe, etc., sont aussi vieilles que la civilisation.

Les botanistes savent que les blessures, qu'il s'agisse de décapitations, de brisures, d'écrasements partiels, etc., produisent quelquefois des monstruosité diverses et, dès 1763, Adanson (8) a fait cette constatation que certains ont depuis donnée comme nouvelle en désignant ces blessures sous le nom de traumatismes.

Depuis fort longtemps, on savait aussi que les monstruosité provenaient souvent de variations de nutrition élevées. Lucien Daniel a le premier montré (56) que l'action des blessures (mutilations ou traumatismes tels que les pratiquent les horticulteurs) se ramenait elle-même à une variation de nutrition d'intensité variable et parfois considérable. Il a obtenu de nombreuses monstruosité par ce moyen dont se sont servis presque en même temps Göebel (44) dans ses remarquables travaux sur l'organographie et la régénération et Lopriore (71) dans ses intéressantes études sur les fasciations des racines après leur section.

Dans ce second groupe, j'étudierai seulement : 1° les effets de la décapitation sur la production des couches concentriques ligneuses et leur séparation; 2° ceux de la greffe considérés à ce même point de vue.

I. — Décapitation effectuée pendant la vie active de la plante

Les effets de la taille des arbres, exécutée en vert ou en sec, ont été indiqués déjà par Lucien Daniel (56). J'ai repris cette étude en l'étendant aux plantes herbacées.

Les résultats que j'ai obtenus seront exposés ici en examinant successivement les arbres et les végétaux herbacés.

Je ferai remarquer que toute décapitation provoque la formation d'une dérivation latérale et d'un sympode avec un ou plusieurs bourgeons réparateurs (fig. 116), et cela qu'il s'agisse d'arbres ou de végétaux herbacés. Nous ne serons donc pas surpris de trouver des phénomènes provoqués artificiellement qui rappelleront ceux qui ont été décrits dans la première partie de ce travail à propos des sympodes naturels précoces ou tardifs.

A, ARBRES, ARBRISSEAUX ET ARBUSTES SARMENTEUX

I, ARBRES ET ARBRISSEAUX

Je ne reviendrai pas sur les effets de la taille chez les arbres, car je ne puis que confirmer ce qui a été écrit sur ce sujet. Je me bornerai, pour les arbres, à figurer ici une portion de la coupe transversale d'un rameau de Pommier, pincé trois fois, et qui présente quatre couches concentriques et dorsiventrales.

La formule $n+1$ est ici nettement applicable, mais l'on voit aussi que les zones de séparation du tissu ligneux ont une forme, une constitution et une netteté variables avec l'époque où les pincements furent effectués (fig. 114).

Il en est de même pour un grand nombre d'arbres et d'arbustes.

Si cependant la formule $n+1$ s'applique ainsi à la coupe de la région inférieure à la décapitation de beaucoup d'arbres et d'arbustes, il ne faudrait pas en conclure qu'elle s'applique à tous.

Ainsi, dans notre jardin d'Erquy, j'ai décapité trois années de suite, des tiges souterraines de *Spiræa Lindleyana* et je n'ai pas observé la moindre séparation nette dans les bois de cette Rosacée. J'ai déjà indiqué, en étudiant les racines horizontales drageonnantes des Peupliers, du Prunier, etc., que le pincement ou la suppression des drageons ne retentit pas en général sur la structure ligneuse de ces racines adaptées à une fonction spéciale, la multiplication végétative.

Je me suis posé aussi une question qui n'a jamais été jusqu'ici envisagée. Que se passe-t-il quand on pince une petite branche pendant la végétation active de l'arbre ? Y a-t-il formation d'une couche supplémentaire visible comme dans les branches longues ?

L'étude anatomique des résultats du pincement de ces petites branches sur les parties restantes m'a montré que tout dépend de la capacité fonctionnelle particulière du rameau réparateur. Dans l'immense majorité des cas, celle-ci est plutôt très faible et aucune séparation nette ne se montre dans les bois secondaires à la suite de la décapitation.

J'ai vérifié ce fait sur les pousses fruitières de divers arbres âgés et sur les petites branches des formes naines de certains arbustes, comme par exemple l'*Evonymus japonicus pulchellus*, que l'on trouve dans beaucoup de jardins.

Cela se comprend, car il est impossible que, dans une couche ligneuse d'épaisseur très faible et indistincte des couches précédentes, un accident de faible importance puisse laisser une trace que le passage normal de l'état de vie active à l'état de vie ralentie est impuissant à déterminer.

2. ARBUSTES SARMENTEUX

Les deux espèces de plantes que j'ai étudiées sont la Vigne et une liane, le *Menispermum canadense*.

a) *Décapitation de la Vigne à l'état de vie active*

La Vigne a été considérée par Lucien Daniel (56) comme ne donnant pas de couches concentriques supplémentaires à la suite du pincement de ses tiges. Ce n'est pas absolument exact, ainsi qu'on va le voir.

Mes recherches ont été faites en 1912 sur un hybride sexuel, le 1202 Couderc, et sur un hybride de greffe, le 24-23 Baco.

Un premier pincement fut fait de très bonne heure au moment où la tige se cassait facilement ; plus tard, la pousse de remplacement, étant devenue assez consistante pour être difficile à briser net, fut taillée à la serpette. La deuxième pousse de remplacement s'allongea librement jusqu'à l'automne, époque où je la récoltai pour en faire l'étude.

La coupe, faite au-dessous de la région où avait été pratiqué le premier pincement, offrait la structure suivante (fig. 2, pl. LIII) :

Au-dessus du bois primaire se trouvait un bois secondaire tendre, resté à peu près tel qu'il existait au moment du premier pincement et formant un mince anneau, avec des vaisseaux petits et peu lignifiés.

Venait ensuite un anneau épais de bois normal, à larges vaisseaux remplis de thylls pour la plupart. Ces thylls étaient la conséquence de la taille en vert.

Au-dessus de ce bois s'était formé un anneau assez épais de bois un peu plus tendre, à vaisseaux moins nombreux, et correspondant à la période de pousse du rameau réparateur, après la taille. Les vaisseaux présentaient, à ce moment, une irrégularité de disposition et un aspect ayant beaucoup d'analogie avec ce qui se produit chez les Vignes à la suite de la décortication annulaire. Plus tard, lorsque la végétation avait repris son équilibre, le bois était redevenu normal, et ne présentait plus de thylls dans ses vaisseaux.

Une coupe faite dans un autre rameau pincé une seule fois, mais plus tard que le rameau précédent, montrait plus nettement l'arrêt de végétation causé par cette opération (fig. 1, pl.

LIII). Le bois formé ensuite ne présentait naturellement aucune anomalie dans sa structure.

On peut donc conclure que la Vigne peut enregistrer dans ses bois secondaires, les effets des pincements par la formation de couches concentriques supplémentaires, conformément à la formule $n + 1$. Si ces couches ne semblent pas se former, c'est que l'on a fait les pincements à l'état très jeune, sur des tiges encore herbacées et pauvres en tissus ligneux secondaires.

L'époque à laquelle on pince a donc une grande importance. La même conclusion s'impose quant à la nature particulière des tissus ligneux qui se forment après chaque décapitation ; on voit combien ils sont différents chez le 1202 Couderc pincé de bonne heure, puis taillé à l'état ligneux.

Avec le 24-23 Baco, j'ai obtenu des résultats de même ordre. Une de ses pousses vigoureuses fut pincée d'assez bonne heure et donna un fort rameau réparateur que je pinçai à son tour d'assez bonne heure. La pousse de remplacement qui se substitua à l'axe primitif deux fois décapité put se développer ensuite librement jusqu'à l'automne où elle fut cueillie pour l'examen anatomique.

La dorsiventralité de la coupe, faite au-dessous du premier pincement, était plus prononcée que dans le 1202, la cassure ayant été faite sans onglet, au niveau d'un nœud. Les vaisseaux, à part ceux de la couche la plus externe, étaient remplis de thylls (fig. 3, pl. LIII). La formation de ces bouchons est d'ordre purement physiologique et elle accompagne toujours les blessures chez les Vignes, quelle qu'en soit l'origine (taille, cassement, décortication annulaire, greffe, etc.).

Si l'on fait un pincement unique et suffisamment tardif, la coupe du sarment faite au-dessous de la section, présente une seule zone de séparation, mais bien distincte (fig. 4, pl. LIII). On peut donc appliquer à cette Vigne les mêmes conclusions qu'au 1202 Couderc.

b) *Décapitation du Menispermum*

J'ai décapité à plusieurs reprises le *Menispermum cana-*

dense qui pousse au jardin botanique de Rennes. La tige ainsi opérée n'a donné dans son bois aucune couche supplémentaire. Il est vrai que les pousses n'étaient pas très vigoureuses.

De même, on pouvait se rendre facilement compte, par les registres de plantation de cette liane et par l'examen extérieur de l'âge, que le nombre des couches concentriques ligneuses de la tige ne concordaient pas avec son âge réel.

Les Lianes ont une structure si particulière et une croissance en épaisseur souvent si spéciale que ces faits n'ont pas lieu de nous étonner.

B) PLANTES HERBACÉES

Dans ces végétaux, je ferai deux catégories :

1° Ceux qui, après décapitation de leur tige, donnent une pousse à croissance rapide et fleurissent à l'époque habituelle ;

2° Ceux qui, après l'opération, donnent une rosette avec fleurs tardives ou une rosette qui fleurit seulement l'année suivante.

I. PLANTES NE DONNANT PAS DE ROSETTE APRÈS DÉCAPITATION

Deux cas sont encore à considérer :

1° La décapitation provoque la formation de couches concentriques supplémentaires dans les parties restantes ;

2° Elle ne produit pas de couches supplémentaires concentriques.

a) *La décapitation provoque la formation de couches concentriques supplémentaires*

Les végétaux chez lesquels la dérivation sympodique artificielle, avec production de rameaux réparateurs vigoureux, détermine la formation de couches concentriques ligneuses sup-

plémentaires, sont très nombreux, qu'il s'agisse de plantes cultivées ou de plantes sauvages.

Ceux sur lesquels j'ai opéré sont la Laitue cultivée, le *Lapsana communis*, le *Chrysanthemum segetum*, le *Trifolium incarnatum* et les Vipérines.



Fig. 115. — Laitue pommée au moment où la phase de rosette est achevée.

A la suite du repiquage, la racine pivotante ayant été recourbée, les racines latérales ont pris un plus grand développement.

A B, niveau de la coupe de la racine.



Fig. 116. — Laitue, ayant, après décapitation, donné trois pousses de remplacement ou rameaux réparateurs, de taille inégale.

La Laitue ici représentée était une Laitue d'hiver à grosse pomme qui, semée à l'automne, fut décapitée vers la fin d'avril.

Cette plante s'étant librement développée dans le terrain où elle avait été semée, a conservé pour cette raison sa racine nettement pivotante.

A B, niveau de la coupe.

La Laitue présente une grosse pomme à sa phase de rosette (fig. 115). Si l'on coupe cette pomme au moment où la tige

florale est déjà à moitié développée, à une petite distance du collet, il arrive que quelques-uns des bourgeons situés à l'aiselle des feuilles de la base se développent pour remplacer la tige supprimée. Il se forme ainsi un sympode tigellaire et une dérivation variable comme direction et intensité suivant le nombre et la vigueur relative des rameaux réparateurs.

Dans l'exemplaire que je vais étudier, il y avait trois rameaux réparateurs de valeur inégale et disposés en triangle irrégulier par rapport à la section (fig. 116).

La coupe transversale de la racine, faite au voisinage du collet, présentait au centre un bois mou, à vaisseaux disséminés dans un parenchyme de dilatation irrégulièrement disposé en tous sens, et auquel faisait suite un bois à vaisseaux rayonnants, à rayons médullaires larges, où prédominant du parenchyme de dilatation régulier.

Ces deux formations distinctes correspondaient, la première, à la phase de rosette proprement dite; la seconde, à la formation de la pomme et à la mise en réserves des substances destinées à permettre la fructification future.

Autour de ces formations se trouvait une couche de bois dur et compact, qui s'était développé pendant la montée à fleurs et dont la croissance avait brusquement cessé lors de la décapitation. Ce bois était relativement tendre, parce que la floraison était à peine commencée.

Enfin, au-dessus du bois de floraison en anneau, on voyait trois arcs de bois plus dur, très inégaux et disposés en triangle irrégulier (fig. 1, pl. XLVII). L'arc le plus épais correspondait au rameau réparateur le plus fort; le plus petit, au rameau réparateur le plus faible; enfin le moyen, au rameau réparateur de vigueur intermédiaire aux deux précédents.

Ainsi la production artificielle d'un sympode à rameaux réparateurs multiples, avec dérivation inégale, a provoqué dans la tige restante des bois fractionnés en arcs inégaux, à la façon de ce qui existe naturellement dans une bourse fruitière de Poirier portant plusieurs pousses et formant un sympode tigellaire. Chaque arc ligneux était de même proportionnel à la

valeur de l'appel exercé par chaque rameau réparateur, autrement dit à la capacité fonctionnelle de chacun d'eux.

Considérons maintenant des plantes ou des parties de plantes qui ne présentent pas, comme la Laitue, des tissus de réserve très développés. Les bois secondaires peuvent encore enregistrer, de la façon la plus nette, par la formation de couches concentriques complètes ou d'arcs, les effets physiologiques de la décapitation et de la transformation de la pousse indéfinie en pousse sympodique.

Chaque plante ainsi opérée donne des bois particuliers à son espèce, mais la zone de séparation produite au moment du passage brusque à l'état de vie ralentie et de la reprise progressive de la vie active est toujours bien nette.

Chez le Chou, chez le Chrysanthème, les rameaux réparateurs sont vigoureux; ils sont un peu plus faibles chez la Lampsane et peu développés chez le Trèfle incarnat, qui survit rarement à la décapitation si elle est faite près du collet et sur des pieds un peu âgés.

A ces différences dans la valeur des rameaux régénérant les parties enlevées correspondent des variations dans la nature et l'épaisseur des bois secondaires formés après la décapitation.

Dans le Chou, la séparation de la couche concentrique surnuméraire est moins nette à cause de la dureté du bois et de la résistance assez élevée de la plante aux changements de milieu. Chez le *Chrysanthemum segetum*, qui devient trapu et très ramifié, on voit, dans la coupe de sa tige au voisinage du collet, un bois de régénération très étendu (fig. 3, pl. XLVI). La Lampsane donne aussi une couche de bois de régénération bien distincte, mais de faible épaisseur par rapport au bois ancien (fig. 4, pl. XLVI); enfin celle du *Trifolium incarnatum* (fig. 2, pl. XLVI) est faible et en forme d'arc.

Chez la Vipérine, j'ai décapité des pieds de vigueur très inégale, et j'ai opéré au moment où la première floraison était déjà assez avancée.

Avec les pieds vigoureux, j'ai obtenu un anneau complet et assez épais de bois de régénération, tant dans la tige que

dans la racine. Avec les pieds faibles, j'ai au contraire obtenu du bois en arc.

b) *Il ne se forme pas de couches concentriques surnuméraires après la décapitation*

Si les plantes précédentes enregistrent très nettement dans leurs tissus secondaires les variations de la répartition des produits plastiques à la suite de la décapitation et se conforment ainsi à la formule $n+1$ quand les tailles sont suffisamment espacées, il y a des plantes herbacées chez lesquelles pareil enregistrement n'a pas lieu.

C'est le cas de beaucoup de plantes à bois peu différenciés et peu développés, des plantes à adaptations tranchées comme les *Pelargonium zonale*, les *Achyranthes*, etc.

Je pourrais répéter ce que j'ai déjà dit pour la façon dont se sont comportées ces plantes sous l'influence des variations du régime de l'eau et des à-coups de végétation.

Je me bornerai à faire remarquer que, même chez les plantes qui, après décapitation, donnent une couche concentrique de régénération bien distincte, il est nécessaire, pour que ce phénomène se produise, que les bois soient sectionnés complètement.

Une simple entaille, plus ou moins profonde, amène bien des cicatrisations ligneuses spéciales, mais non la formation d'une zone circulaire. C'est ce que montre la coupe d'une racine de Radis Rave attaquée par des larves d'Insectes (fig. 3, pl. XLVII) montant prématurément à fleurs et dont le tubercule était très réduit. Décapitée, une racine d'une Rave de même âge donnait deux couches concentriques comme la plante remontante (fig. 3, pl. XLII).

C'est également ce qui se passe pour les plantes gelées partiellement.

La Laitue d'hiver peut perdre ses feuilles à la suite d'un abaissement de température sans que pour cela le bourgeon terminal soit atteint. Elle n'en continuera pas moins à fournir,

à l'époque habituelle, sa tige florale et à donner fleurs et fruits, à l'aide des réserves contenues dans sa racine.

En coupe transversale, la racine ne présente pas de bois de régénération distincts des bois de fructification. Elle ne saurait en avoir puisque la décapitation n'a pas eu lieu (fig. 3, pl. I.VI).

Si, au contraire, le bourgeon terminal a été détruit ou très affaibli après le début de la montée à fleurs, des rameaux réparateurs l'ont remplacé ou suppléé; cela suffit pour que les bois secondaires enregistrent l'accident.

Les mêmes faits s'observent chez diverses Composées bisannuelles à rosette comme les *Barkhausia*, par exemple. Le bois de fructification, chez ceux-ci, est beaucoup plus développé que chez la Laitue et, s'il n'a pas de bois de régénération, il n'est cependant pas uniforme.

Au voisinage du bois de rosette, il est plus lignifié; ce bois dur devient plus tendre progressivement; puis il redevient de plus en plus dur au fur et à mesure qu'il se rapproche du liber. Les vaisseaux ont une tendance à se grouper en anneaux circulaires.

2. PLANTES A RAMEAUX RÉPARATEURS EN ROSETTE

Il y a des plantes herbacées qui, au lieu de donner des rameaux réparateurs semblables à ceux qui ont été enlevés par décapitation donnent de véritables rosettes plus ou moins développées, pouvant fleurir dans l'année de leur formation ou seulement l'année suivante.

C'est en somme ce qui a été déjà indiqué pour des plantes remontantes.

Dans cette catégorie de végétaux particuliers, j'ai opéré :

1° Sur le *Sysimbrium austriacum*, le *Vesicularia utriculata* et le *Leucanthemum vulgare*, dont les tissus ligneux de fructification sont bien développés et différents du bois de rosette;

2° Sur le Pissenlit, le Liseron, etc., dont les tissus ligneux secondaires sont sensiblement uniformes.

a) *Formation de couches de régénération distinctes après décapitation*

Le *Sysimbrium austriacum* est une Crucifère bisannuelle commune sur les murs de Rennes. Les premiers entrenœuds de sa tige sont fort courts et, au début, toute la partie aérienne du végétal a la forme d'une rosette étalée sur le mur qui lui sert de support (fig. 117).

La deuxième année de son existence, la croissance en longueur recommence; des entrenœuds intermédiaires plus allongés apparaissent pendant que du centre de la rosette s'élève la tige florale simple ou ramifiée. Les derniers entrenœuds donnent l'inflorescence avec ses fleurs.

Sur des plantes de semis commençant à fleurir, j'ai sectionné la tige vers la hauteur de quinze centimètres environ. Quelques pieds ont émis des rameaux réparateurs en forme de rosette, ne différant en rien de celles que portent les pieds accidentellement remontants.

J'ai étudié l'axe hypocotylé d'un pied âgé d'un an, encore à l'état de rosette. Le bois secondaire était un bois de rosette normal, avec compartiments ligneux séparés par des bandes de parenchyme médullaire (fig. 3, pl. XLIV).

Le pied décapité, portant deux rosettes alternes (fig. 118) avait une racine comprenant, au centre du bois de rosette analogue au précédent, mais plus réduit, entouré par un anneau de bois dur. Cette structure était absolument semblable à celle d'un pied normal.

Mais au-dessus de ce bois de fructification se trouvait une couche annulaire de bois de rosette qui donnait à cette coupe (fig. 1, pl. XLIV) l'aspect singulier de la coupe de la racine chez certaines Crucifères, Plantaginées, etc., précédemment décrites.

La coupe de la tige, faite au-dessus de la rosette la plus inférieure en A B, présentait la structure suivante : au centre, une moelle assez volumineuse était entourée d'une couche de bois de rosette interne comme dans la racine, puisque la tige était apparue après la rosette. Le bois dur était entouré d'un anneau

complet, légèrement dorsiventral, de bois de rosette formé par les deux rosettes de régénération.



Fig. 117. — *Sysimbrium austriacum*, à la phase de rosette, à la fin de la première année de végétation.

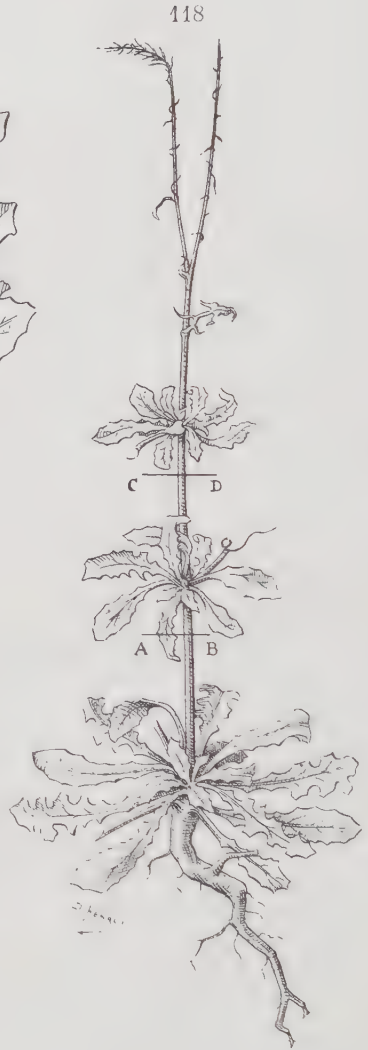


Fig. 118. — *Sysimbrium austriacum*, dont la tige, après une première fructification, a remonté.

L'inflorescence et une portion de la tige voisine se sont desséchées et le pied, en remontant, a donné deux rosettes alternes.

Le pied, normalement bisannuel, est ainsi devenu vivace et polycarpique.

La décapitation donne un résultat analogue sur certains pieds qui deviennent aussi polycarpiques.

A B, niveau de la coupe passant au-dessous de la rosette inférieure.

C D, niveau de la coupe passant au-dessous de la rosette supérieure, beaucoup plus faible que l'inférieure.

La coupe de la même tige, effectuée en C D, au-dessous de la rosette supérieure de régénération, avait une structure semblable à la précédente, avec la différence que les bois de fructifi-

cation et de régénération étaient moins épais, et que ce dernier était disposé en arc (fig. 2, pl. XLIV).

Par la décapitation de tiges en fleurs du *Vesicularia utriculata*, j'ai obtenu aussi quelques rosettes de remplacement, mais non dans toutes les branches ainsi coupées. La variabilité des résultats m'a semblé résulter des différences de vigueur entre les branches traitées.

A l'aide de ce procédé, j'ai obtenu, dans les tiges à rameaux réparateurs en rosette, toutes les particularités de structure que j'ai déjà décrites chez des pieds venus dans des conditions normales, mais dont les branches étudiées (fig. 1, 2 et 3, pl. LV) avaient donné des rosettes après la mort progressive des inflorescences.

Enfin, par décapitation des tiges florales, j'ai provoqué chez le *Leucanthemum vulgare* des sortes de rosettes comme il s'en produit naturellement chez certains pieds dont les extrémités se dessèchent prématurément (fig. 119).

La structure typique de la rosette étant moins nette chez cette plante; les distinctions entre le bois de fructification et le bois de rosette rappelaient la disposition observée chez les *Sysimbrium austriacum*, *Phacelia* et *Chelone*.

En effet on trouvait autour d'une moelle bien développée :

1° Un anneau complet de bois bien lignifié formé pendant la montée à fruits;

2° Un bois de remonte ou de régénération, fractionné et formé de compartiments ligneux séparés par des rayons médullaires.

Ces bois fractionnés finissent par se lignifier, après la seconde floraison dans les pieds remontants. Ils ne se lignifient que l'année suivante dans les pieds qui fructifient une seule fois dans l'année.

Si l'on compare les résultats donnés par ces rosettes de régénération après décapitation chez le *Sysimbrium austriacum* et le *Vesicularia utriculata* à ceux qu'a fournis l'*Oenothera biennis* rendu artificiellement annuel, puis devenu remontant en semis serrés et tardivement éclaircis, on voit que le bois de rosette peut occuper des places anormales. Habituellement placé

au centre de la coupe, il peut être placé à la périphérie et le bois de fructification occupe alors le centre.



Fig. 119. — *Leucanthemum vulgare*, dont la tige principale s'est desséchée après floraison en donnant deux rosettes de remplacement.

Celles-ci peuvent donner une deuxième floraison dans l'année et la plante est alors remontante.

Dans d'autres cas, les rosettes ne donnent pas de fleurs dans l'année de leur formation, mais seulement l'année suivante.

Le pied de cette composée vivace, ici représenté, correspond à une jeune plante de semis.

Les exemplaires âgés ont des tiges couchées radicales qui finissent, au bout d'un certain temps, par se séparer de la plante mère, en donnant de nouveaux pieds. Le végétal non seulement se multiplie par ce moyen, mais il peut se diriger vers les régions du sol non encore épuisées.

Ces tiges radicales sont de véritables marcottes naturelles. A mesure que poussent des parties nouvelles, les parties anciennes se détruisent par nécrose.

Il se forme chaque année des rameaux réparateurs en rosette qui donnent des bois fractionnés comme dans le pied dont la structure a été examinée ici, si la plante n'est pas remontante.

Si celle-ci remonte, les bois forment une couronne complète de bois dur sensiblement uniforme, comme disposition des fibres et des vaisseaux, mais où l'on observe des couches concentriques plus ou moins distinctes, correspondant ou non avec l'âge, suivant que la vie active des parties anciennes s'est plus ou moins prolongée.

Aussi rien n'est variable comme la structure des diverses parties vivaces de cette plante.

C'est évidemment à des inversions de ce genre, causées par des perturbations dans les phases de rosette et de fructification qu'il faut attribuer les structures anormales analogues décrites dans la première partie de ce travail.

J'en ai eu la preuve en cultivant pendant cinq ans des pieds

vivaces de *Plantago coronopus* provenant de graines récoltées sur les falaises d'Erquy.

La première année, la racine a seulement du bois de rosette; la seconde, après la fructification, on trouve que le bois de rosette est entouré par du bois de fructification. A ce moment une nouvelle série de feuilles forme une nouvelle rosette et souvent même la tige raccourcie se divise en donnant plusieurs rosettes. Si l'on coupe la racine, âgée de deux ans, au moment où les nouvelles rosettes sont développées, on trouve au centre du bois de rosette, puis l'anneau de bois dur de fructification et enfin du nouveau bois de rosette.

Plus tard le même phénomène se reproduit chaque année, mais comme la racine s'accroît peu, la confusion entre les bois de fructification et de rosette ne tarde pas à s'établir et l'on a ainsi, dans la racine, une structure qui rappelle celle de l'*Aubrietia* (fig. 1, pl. XXI). Ainsi s'explique la coupe d'apparence anormale de la racine du *Plantago coronopus* représentée par la figure 3 de la planche XL, et aussi celle de la figure 2 de la même planche où le bois de rosette est beaucoup plus réduit par le fait de la croissance de la plante en terrain beaucoup plus aride.

A des conditions écologiques semblables ou différentes correspondent donc bien des structures semblables ou différentes.

J'ai également décapité des parties annuelles de plantes vivaces, à feuilles opposées, un peu avant la floraison, en choisissant le *Centranthus ruber* et le *Scabiosa atropurpurea* qui m'ont déjà servi de sujets d'étude à propos des plantes remontantes.

Les rameaux réparateurs sont en général assez courts, et forment une sorte de rosette très peu fournie.

Si l'on coupe transversalement la tige au-dessous des rameaux réparateurs, on trouve deux arcs supplémentaires de bois de régénération. Mais ces bois sont simplement plus tendres que le bois existant au moment de la décapitation ; ce ne sont pas des bois de rosette typiques.

En supprimant, dès le début, l'un des bourgeons opposés,

au-dessous de la section, j'ai obtenu un seul arc de bois de régénération.

Cette expérience a son intérêt, car elle explique pourquoi beaucoup de rhizomes à bourgeons opposés ont du bois en arc ou dorsiventral parce que un seul des bourgeons se développe en général pour donner une tige feuillée à chaque nœud.

Par des considérations du même genre, on expliquerait la disposition, symétrique par rapport à plusieurs plans, de certaines racines de *Geranium* à tiges faussement dichotomiques; celle des tiges de Vigne, à deux dos et deux ventres, etc. Cela concorde fort bien avec l'explication de la structure des tiges de l'année chez le *Gleditschia triacanthos*, telle que l'a donnée Gaston Bonnier (46).

b) *La décapitation n'entraîne pas la formation de bois de régénération distincts*

J'ai recherché si la décapitation pouvait produire des couches concentriques supplémentaires chez les plantes qui en possèdent déjà un grand nombre comme, par exemple, diverses Malvacées, ou qui, au contraire, n'en ont pas normalement, comme le Pissenlit, le *Convolvulus arvensis*, le *Sonchus arvensis*, etc.

Un pied de *Malva rotundifolia*, ayant été décapité à l'âge de trois mois à un centimètre du collet, donna deux rameaux réparateurs égaux qui, trois mois après, furent décapités à leur tour. Le pied fut récolté à l'âge de neuf mois et il n'avait pas encore fleuri à ce moment.

La coupe transversale de la racine (fig. 3, pl. XLV) présentait alors une structure très voisine, au point de vue de la disposition des tissus, de celle de la racine d'un pied non décapité de même âge (fig. 2, pl. XLV).

Il n'y avait donc pas eu production de couches concentriques supplémentaires nettes chez ce pied de *Malva*, malgré deux décapitations espacées et une vigueur considérable chez l'exemplaire opéré.

J'ai fait de très nombreuses décapitations au voisinage du

collet chez le Pissenlit, en supprimant totalement la rosette. Dans aucun cas, la régénération de cette partie n'a été suivie de la formation de couches concentriques ligneuses distinctes.

Dans une autre série d'expériences, j'ai coupé la racine à ses deux extrémités et je l'ai ensuite enterrée en position normale en tenant compte de la loi de niveau de Royer (49) ou en enterrant au contraire le tronçon à des profondeurs diverses.

Des rosettes de remplacement se sont partout formées à la partie supérieure; de petites racines se sont développées à la partie inférieure. Chez certains pieds, il est apparu sous la racine des racines adventives puissantes laissant l'ancienne racine à l'état de vie ralentie et établissant à leur profit une forte dérivation radiculaire.

La vieille racine, à la fructification, s'est vidée de ses réserves et sa coupe présentait l'aspect ratatiné des tissus qui a déjà été décrit et figuré chez le Scorzonère. Plus tard, la rosette ayant à nouveau fabriqué des réserves, cette racine s'est à nouveau remplie d'inuline et ses parenchymes sont redevenus turges-

Dans aucun cas, je n'ai observé de séparation entre le bois normal et le bois de régénération.

Les expériences faites sur le *Sonchus arvensis*, le *Mulge-¹¹¹rum alpinum*, les *Convolvulus arvensis* et *Soldanella*, etc., simplement décapités ou fragmentés à des degrés divers et enterrés à des profondeurs variées, m'ont donné des résultats analogues à ceux fournis par le Pissenlit.

Il y a donc bon nombre de plantes, ou plus exactement d'organes de plantes, qui, à la suite de la décapitation ou de la fragmentation, ne donnent pas de couches concentriques supplémentaires et auxquelles la formule $n + 1$ n'est pas applicable.

II. — Élagage

L'élagage est un mode de mutilation bien différent physiologiquement de la décapitation, quoique, dans les deux cas, des rameaux ou des branches soient coupées complètement et détachées du tronc.

En effet, la décapitation arrête la croissance terminale de l'axe; la croissance définie avec formation d'un sympode et de bourgeons réparateurs prend momentanément la place de la croissance indéfinie primitive; il y a dérivation latérale au profit des rameaux réparateurs, comme dans tout sympode tigellaire.

L'élagage, au contraire, favorise la croissance indéfinie du bourgeon terminal au détriment des parties latérales. Et cette suppression des dérivations latérales naturelles active d'autant plus la croissance de l'axe que les rameaux réparateurs qui pourraient remplacer les parties enlevées sont faibles ou ne se forment pas à cause de la situation défavorable où ils se trouvent par suite de la prédominance du courant vertical naturellement mieux placé.

L'élagage, dans ces conditions, doit avoir des effets tout différents de ceux de la décapitation quant aux formations ligneuses chez les parties restées en place. Ces effets se traduisent, ainsi que je m'en suis assuré, par une augmentation pure et simple du volume des tissus. Il n'y a pas de couches concentriques supplémentaires.

Cependant des conséquences particulières à cette opération peuvent apparaître chez la plante suivant que l'élagage a été pratiqué d'une façon modérée ou exagérée.

L'élagage modéré, pratiqué sur un jeune arbre à des époques convenables et d'une façon raisonnée, se traduit par une formation meilleure de la charpente de l'arbre et une plus

grande régularité de la croissance en épaisseur, avec un tronc en forme de queue de billard, comme disent les horticulteurs.

L'élagage exagéré, pratiqué sur une grande longueur sur un arbre jeune, provoque des troubles dans la répartition des produits plastiques fabriqués par les parties supérieures feuillées. Les produits ont alors un chemin trop long à parcourir pour se répartir dans la totalité des appareils aérien et souterrain; ils sont aussi, à ce moment, en quantité insuffisante par le fait de la suppression exagérée des branches.

Il résulte de là que le tronc grossit plus au voisinage des branches qu'à la partie inférieure. A la disposition en tronc de cône droit fait suite la disposition inverse en tronc de cône renversé. Finalement le jeune arbre possède une tige en forme de sablier très effilé. Les arboriculteurs disent que la tige est en queue de billard renversée, et ils savent qu'un tel arbre se développera beaucoup moins bien par la suite.

Ce phénomène se voit assez souvent dans les pépinières de Pommier mal conduites, comme on en trouve dans nos campagnes bretonnes.

Un résultat assez analogue s'observe chez des plantes herbacées cultivées, comme chez le Chrysanthème cultivé à la grande fleur. On enlève en grand les bourgeons latéraux de la tige et les bourgeons fournissant les capitules, en laissant seulement l'un d'eux. La tige s'accroît alors plus au sommet qu'à la base et prend une forme en massue.

Le même résultat s'obtient quand on enlève au printemps les bourgeons latéraux et terminal d'un rameau d'arbre fruitier, avant la pousse printannière. L'organe vit alors exclusivement à l'aide de la chlorophylle contenue dans ses tissus. Comme cette substance est plus abondante et plus active dans les parties jeunes, c'est au sommet que se forme le maximum de substances plastiques et la plus forte croissance en épaisseur. Le rameau ainsi traité prend aussi la forme en massue (56).

Des coupes pratiquées au sommet et à la base d'un tel rameau montrent bien cette inégalité de croissance.

A la fin de l'année, au sommet du rameau, on trouve deux couches concentriques, dont la dernière est peu épaisse et en

formé d'arc en général. A la base, il n'y a qu'une seule couche; le bois formé pendant la belle saison ne se distingue pas du bois d'automne précédent.

En un mot, le sommet en massue du rameau était à l'état de vie active très réduite, et la base à l'état de vie ralentie, par le fait de la suppression des bourgeons qui n'est autre chose qu'un élagage précoce.

III. — Greffage

Le greffage est un procédé horticole et agricole très connu et utilisé dans la pratique depuis un temps immémorial. Il aboutit à faire vivre en commun deux ou plusieurs plantes, c'est-à-dire à la formation d'une symbiose à la fois mutualistique et antagonistique.

La greffe, comme toutes les symbioses, provoque de nombreuses variations. Elle peut, à des degrés divers, modifier les caractères physiologiques des plantes associées (épibiotte ou greffon, hypobiotte ou sujet), et parfois même leurs caractères spécifiques (73).

Je m'occuperai surtout ici des variations anatomiques que le greffage amène dans les bois secondaires des plantes que l'on unit par ce procédé.

Les variations du tissu ligneux peuvent être logiquement examinées, en tenant compte du degré de parenté du sujet et du greffon :

- 1° Dans la greffe d'une plante sur elle-même;
- 2° Dans la greffe entre races ou variétés d'une même espèce;
- 3° Enfin dans la greffe d'espèces ou de genres différents.

I. GREFFAGE DE LA PLANTE SUR ELLE-MÊME

Le greffage de la plante sur elle-même est facile à réussir; il y a peu de Dicotylédones chez lesquelles une pareille opération vienne à manquer, si l'on sait choisir le moment d'opérer.

J'étudierai ici les greffes de *Godetia* et de *Malva crispa* faites sur elles-mêmes dès que leur tige fut assez grosse pour se prêter à l'opération. Ces greffes furent ensuite récoltées à l'automne pour l'examen anatomique.

En coupe transversale, la tige du *Godetia* formant l'hypobiotite ou sujet présentait une dorsiventralité très nette et deux couches concentriques distinctes (fig. 1, pl. XLVI).

La dorsiventralité provenait, comme j'ai pu m'en assurer par des coupes en séries, de ce que la reprise s'était effectuée beaucoup mieux d'un côté que de l'autre ; c'est là un fait fréquent.

La présence de deux couches concentriques est un fait également fréquent. La première couche correspond au bois existant au moment où l'opération fut faite; la seconde, au bois formé pendant la symbiose.

Ces données, si elles sont nouvelles pour le *Godetia*, ne le sont pas au point de vue général. Si je les rappelle, c'est pour faire ressortir l'analogie qui existe sous ce rapport entre le greffage et la décapitation. Il semblerait au premier abord qu'il n'en pourrait être autrement dans les greffages de plantes herbacées puisque l'opération se fait pendant la vie active de la plante et est précédée d'une décapitation préalable dans le procédé du greffage en fente qui m'a servi.

Cependant l'analogie n'est pas absolument complète entre le greffage et la décapitation. Le greffage ne forme pas de sympode véritable, sauf dans le cas des greffages en écusson ou des autres greffages latéraux. La croissance indéfinie continue après reprise pour le greffon ; il n'y a pas dérivation latérale, mais simplement variation du débit au niveau du bourrelet à la suite du développement irrégulier des vaisseaux ligneux dans les tissus de cicatrisation.

La formation d'un bois dorsiventral et la production d'une

couche concentrique supplémentaire, sont des phénomènes d'ordre purement physiologique et présentent une assez grande généralité.

Ils sont toutefois plus ou moins prononcés et plus ou moins nets suivant les espèces de plantes greffées. Le *Malva crispa* greffé sur lui-même nous en fournit la preuve, ainsi que la greffe des Haricots et autres plantes à tissus ligneux réduits.

Dans le *Malva crispa* (fig. 4, pl. XLV), on voit encore une distinction assez nette entre les bois existant au moment du greffage et ceux qui ont été formés après. Mais il est bon d'être prévenu, car cet arrêt n'a point un caractère tranché comme chez la plupart des sujets appartenant à des espèces qui n'ont pas de bois spécial de rosette.

Les Haricots nains et les Pois nains greffés sur eux-mêmes ont un bois qui reste sensiblement uniforme dans l'hypobiote sujet, car s'il est très peu développé dans les pieds non greffés, il l'est moins encore dans les exemplaires greffés sur eux-mêmes.

Au point de vue de la formation de couches concentriques supplémentaires et de l'application de la formule $n + 1$, on peut donc répéter sensiblement ce qui a été dit pour la décapitation

2. GREFFAGE ENTRE VARIÉTÉS OU RACES D'UNE MÊME ESPÈCE

J'ai cherché les modifications apportées dans les bois secondaires de l'hypobiote :

1° Chez des greffes sur jeunes scions de Pommier, placés les uns en pleine lumière, les autres à la lumière atténuée;

2° Chez des greffes sur petites branches entre variétés différentes d'*Evonymus japonicus*.

a). Greffes sur jeunes scions de Pommier

Les greffages entre jeunes scions de Pommier âgés d'un an furent faits en fente, à dix centimètres environ du collet, le même jour et de la même manière, avec des greffons choisis

aussi identiques que possible et provenant d'une même variété cultivée dans le jardin du Laboratoire de Botanique appliquée de la Faculté des Sciences de Rennes.

La réussite de chacun d'eux ne fut pas cependant identique. Cela tient, comme on le sait aujourd'hui, à une foule de facteurs, indépendants jusqu'à un certain point de l'opérateur.

Dans une des greffes bien réussies, j'ai coupé le sujet à un centimètre environ de la fente. Cette coupe présentait la structure normale d'une tige de deux ans, avec deux couches concentriques ligneuses sensiblement égales et comprenant toutes deux du bois de printemps et du bois d'automne bien caractérisés (fig. 2, pl. LVI).

Le greffage en fente du Pommier jeune, avec greffons de taille égale à celle du sujet, faite au repos de la végétation entre variétés de vigueur semblable, quand la réussite est complète, ne produit donc ni dorsiventralité ni arrêt de végétation enregistré par les bois secondaires du greffon, comme cela se produit dans les végétaux greffés à l'état de vie active.

Ces greffes avaient été ligaturées avec du raphia. Celui-ci, au voisinage du sol humide, avait pourri d'assez bonne heure et s'était brisé sous la pression des tissus cicatriciels et des formations nouvelles déterminant la croissance en épaisseur. Dans d'autres greffages, en vue d'examiner les effets des ligatures et de la pression exercée par elles sur les tissus ligneux, j'ai employé des ligatures très résistantes que j'ai seulement supprimées en juillet. L'étude anatomique de la coupe du sujet m'a montré une structure très irrégulière, avec une zone de bois plus dur, dans le bois de deuxième année. Cette couche concentrique supplémentaire tenait évidemment à la pression de la ligature; le bois normal s'était formé seulement à partir de la suppression de celle-ci.

Dans d'autres greffes, le sujet avait émis des pousses de remplacement qui furent supprimées, soit complètement, soit en partie seulement (pincement). Les bois du sujet avaient enregistré les variations du régime de l'aliment causées par ces opérations. La coupe était dorsiventrals; le dos était situé du

côté de la pousse de remplacement, ainsi que les séparations du bois en zones.

Le procédé de greffage peut n'avoir aucune importance sur les phénomènes particuliers que j'envisage ici, comme il peut au contraire les accentuer ou les diminuer. Ainsi des greffages anglais faits comparativement avec les précédents, ont donné des résultats analogues.

Désireux de voir si les cultures en lumière atténuée donnaient les mêmes résultats chez les Pommiers greffés que chez les Pommiers non greffés, j'ai cultivé comparativement les Pommiers greffés et des scions non greffés, les uns en pleine lumière, les autres à l'abri d'une haie qui leur enlevait presque toute la lumière à l'exposition du midi.

J'ai constaté que chez les Pommiers greffés, les pousses ont été plus faibles que chez les Pommiers non greffés et que les effets du facteur lumière ont été accentués chez les greffons.

La coupe des sujets avait enregistré ces variations. Le bois développé après la greffe était de dimensions beaucoup plus faibles; il formait un anneau complet quand le greffon avait poussé assez vigoureusement; si la pousse était faible et d'un seul côté, le bois était en arc, dont l'épaisseur était proportionnelle à la valeur de la pousse. Chez certains exemplaires dont le greffon portait des dards seulement, le bois était représenté par un arc à peine visible (fig. 1, pl. LVI). Et chez ceux qui portaient des bourgeons à fruits ou des bourgeons à bois, seulement à leur sommet, avec des feuilles peu nombreuses et peu développées, le bois formé par le greffon dans le sujet ne se distinguait pas du bois de l'année précédente. La coupe du sujet était celle d'un jeune Pommier âgé d'un an.

A la suite de sa greffe et de sa mise à l'ombre, le sujet était ainsi passé à l'état de vie ralentie. Bien entendu, j'avais avec soin supprimé chez le sujet les pousses de remplacement qui auraient changé les conditions de l'expérience.

En laissant au sujet des pousses, on peut d'ailleurs, en pleine lumière, réduire la végétation du greffon et obtenir, dans la région du sujet comprise entre le niveau de la greffe et la dernière pousse de remplacement laissée, une structure ligneuse

de plus en plus réduite. L'épaisseur du bois de deuxième année est d'autant plus faible dans cette région que la dérivation s'est effectuée de meilleure heure et a été plus énergique.

b) *Greffes entre deux variétés de Fusain du Japon*

J'avais fait ces greffes à l'époque où je commençais à m'intéresser aux Sciences naturelles expérimentales, en 1902. Pour m'amuser, je greffai en fente des Rosiers et des Fusains à l'extrémité de leurs branches latérales, à la façon dont on pratique quelquefois le greffage des lambourdes et des bourgeons à fruits sur nos arbres fruitiers. Malgré mon manque d'expérience et mon défaut d'habileté, ces greffages réussirent pour la plu-

120

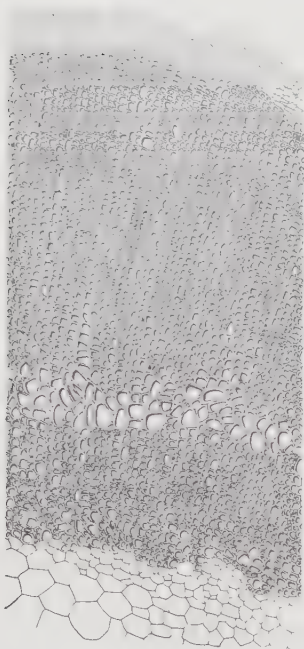


Fig. 120. — *Evonymus japonicus variegatus* greffé, portant une tige faible de *E. pulchellus* (greffe sur petites branches).

Le bois est presque uniforme sauf au moment où s'est effectuée la reprise d'une façon rapide et avec une croissance assez grande suivie de végétations annuelles toutes sans couches concentriques distinctes.

La période de croissance, avec formation de nombreux vaisseaux, de diamètre considérable par rapport à celui des vaisseaux des autres régions, provient de ce que, au moment du greffage, pendant la reprise et pendant la végétation ultérieure du greffon au courant de l'année où fut faite l'opération, les branches voisines du sujet furent taillées fortement de façon à concentrer les produits nutritifs sur le greffon.

A l'augmentation de la capacité fonctionnelle de celui-ci correspond la couche à larges vaisseaux.

Les années suivantes, les pousses de remplacement ayant été laissées aux branches taillées chez le sujet, la croissance très ralentie reprit son cours habituel; les couches concentriques ligneuses restèrent désormais indistinctes comme avant la dérivation imposée par le greffage accompagné d'élagage.

part. Ceux qui avaient été faits sur les Rosiers moururent au bout de quelques années; mais deux greffes de l'*Evonymus*

japonicus pulchellus sur branches latérales faibles de l'*Evonymus japonicus variegatus* vivaient encore dans ces dernières années.

J'ai sacrifié ces deux greffes pour faire l'étude anatomique de leurs branches sujets et comparer leur structure à celle des petites branches latérales n'ayant pas été greffées.

La comparaison des coupes de la branche normale (fig. 4, pl. XXII) et de la branche sujet (fig. 1, pl. XLV), montrent que le développement des deux branches s'est effectué, en gros, sensiblement de la même manière.

Cependant, au microscope, on trouve une couche vasculaire à éléments plus larges qui correspond à la pousse du début du greffon (fig. 120) et cela s'explique par la taille des branches voisines que j'avais beaucoup réduites pour favoriser la croissance de la branche greffée.

On peut dire que le greffage sur petites branches ne s'enregistre pas, chez les plantes en question, par l'apparition d'une couche nette, à moins que par une réduction considérable de l'appareil végétatif aérien on ne transforme la pousse très courte en une pousse plus longue, capable de donner du bois de printemps distinct du bois d'automne précédent.

Pratiquement ces greffes n'ont que peu d'intérêt.

c) Greffes de Solanées diverses

Il est des plus faciles de greffer en fente les plantes de la famille des Solanées. La greffe de la Pomme de terre et de la Tomate, indiquée pour la première fois par Tschudi (72), a été faite bien des fois depuis. Celle du *Datura* et de la Pomme de terre a été réalisée par Lindemuth et étudiée chimiquement par Strasburger. Mais c'est Lucien Daniel qui a le plus étendu le champ des recherches sur les greffes entre plantes de cette famille, sans avoir épuisé complètement le sujet.

J'ai étudié la structure du greffon dans le *Solanum glaucophyllum* greffé sur Tomate, et celle du sujet dans les greffes inverses de Tomate et d'Aubergine.

Les résultats obtenus avec la Tomate ou l'Aubergine jouant

le rôle d'hypobiote ou sujet sont ceux qu'a déjà décrits Lucien Daniel et je ne les mentionne qu'à cause de leur concordance avec les résultats généraux des mutilations que je viens de décrire.

Ainsi la Tomate sujet (fig. 4, pl. LII) et l'Aubergine sujet (fig. 3, pl. LII) présentent, en coupe transversale, une dorsiventralité prononcée surtout chez la Tomate, et une zone très nette de bois plus tendre correspondant à la période de décapitation. La première couche concentrique ligneuse a une épaisseur qui dépend de l'époque à laquelle a été fait le greffage et de l'état herbacé ou ligneux du sujet à ce moment. L'Aubergine était plus lignifiée que la Tomate, et cela se voit immédiatement sur les coupes.

Le greffon, au moment où il est coupé et placé sur son sujet, subit la préparation d'une bouture. Tantôt sa reprise est rapide et sa croissance continue sous chassis comme s'il était resté sur la plante mère.

Mais, dans certains cas, la reprise est lente et cela d'autant plus que les caractères de conduction et de chimisme sont plus discordants entre le sujet et le greffon. Dans ce cas il arrive que la coupe transversale du greffon enregistre dans ses tissus secondaires ligneux les variations de la croissance du début. C'est le cas du Tabac et du *Solanum glaucophyllum* greffés sur Tomate. La coupe de ce dernier greffon (fig. 2, pl. XLVII) montre, au début de la greffe, une zone d'arrêt bien nette, comme s'il s'agissait d'une décapitation.

En somme, dans les greffes faites à l'état herbacé ou au repos de la végétation, le greffon et le sujet enregistrent comme les plantes ordinaires les effets habituels des mutilations qu'ont subies le sujet et le greffon au moment de leur préparation.

Au cours de leur végétation en symbiose, l'épibiote greffon et l'hypobiote sujet subissent, comme les plantes autonomes, l'action des agents extérieurs. Toutefois les effets de cette action sont beaucoup plus accentués ou au contraire bien diminués suivant les relations existant entre les modes de vie habituels des plantes associées.

C'est là un fait déjà signalé par Lucien Daniel et que j'ai

pu vérifier par l'examen des greffes, âgées de six mois environ, que je viens de décrire sommairement.

d) *Formation par greffe d'une race de Haricots vivaces*

A la suite de greffes répétées faites en deux races annuelles de Haricots, le Haricot de Soissons et le Noir de Belgique, Lucien Daniel a obtenu une race de Haricots de Soissons vivaces (73). Il m'a confié l'étude anatomique des racines.

Cette étude avait un certain intérêt pour mon travail, car il s'agit, pour cette plante, du passage de l'état monocarpique à l'état polycarpique.

La racine du Haricot vivace est très grosse par rapport à celle du Haricot annuel, et son volume peut augmenter considérablement à la suite de la culture en sols riches et profonds.

Il suffit de comparer les coupes transversales de la racine du Haricot de Soissons ordinaire (fig. 1, pl. LIV) et de celle du Haricot de Soissons vivace (fig. 2, pl. LIV) pour voir les différences anatomiques considérables qu'elles présentent dans la nature de leurs tissus secondaires.

Tandis que la racine du type ordinaire présente des bois bien développés avec des fibres spéciales de Légumineuses, celle du Soissons vivace montre une grande réduction du tissu ligneux avec un développement considérable du parenchyme de réserve, et les fibres spéciales n'y sont plus représentées.

Ces résultats montrent que le passage à l'état vivace de la plante annuelle sous forme de racine tuberculeuse a été suivi des modifications anatomiques qui caractérisent les organes adaptés à la fonction de réserve.

A propos de cette tubérisation, je me suis assuré que aucun champignon inférieur, aucun *Fusarium*, n'a joué un rôle.

Il ne s'est donc, dans cette transformation, passé rien qui confirme l'hypothèse formulée par Noël Bernard à propos de la Pomme de terre (74).

Dans le cas de cette transformation brusque de la racine du Haricot de Soissons, les faits concordent au contraire avec

les résultats des recherches de E. Laurent et de L. Daniel sur les Pommes de terre stérilisées.

Des boutures faites en solutions nutritives par E. Laurent, avec toutes les précautions voulues, ont continué à donner des tubercules, malgré l'absence de parasite cryptogamique. D'autre part, Lucien Daniel (dans des expériences inédites entreprises sur la demande de Noël Bernard, et avec des matériaux préparés par celui-ci) ayant greffé sur Tomate et Aubergine des tiges provenant de Pommes de terre stérilisées, obtint des tubercules aériens comme dans les greffes ordinaires.

La stérilisation n'avait eu aucune influence sur la tubérisation aérienne de la plante, contrairement à l'hypothèse de Noël Bernard.

De plus, ni celui-ci, ni Lucien Daniel, n'ont pu trouver trace de champignons microscopiques dans les Tomates ou les Aubergines qui avaient porté les greffons de Pomme de terre, bien que ceux-ci fussent abondamment pourvus de tubercules.

J'ai moi-même fait des greffes semblables et obtenu les mêmes résultats. Ces diverses expériences sont, par leur parfaite concordance, aussi démonstratives que concluantes.

Il faut donc chercher l'origine de la tubérisation ailleurs que dans le parasitisme ou dans la symbiose naturelle

Cela n'a d'ailleurs rien d'extraordinaire, car la mise en réserve des substances fabriquées en excès à un moment donné par un végétal qui produit plus qu'il ne consomme est une fonction primordiale des organismes; elle existe chez les animaux aussi bien que chez les plantes.



CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Des recherches qui viennent d'être exposées, je vais tirer trois catégories de conclusions :

La première concernera les faits botaniques; la seconde, leur portée philosophique; la troisième, leurs conséquences agricoles.

I

Il y a un rapport étroit entre les conditions de vie, les rythmes particuliers du développement, l'organographie, les fonctions spéciales des parties de la plante et la structure anatomique des bois secondaires chez les Dicotylédones. Aux convergences morphologiques extérieures correspondent des convergences dans les tissus secondaires ligneux et elles proviennent des mêmes adaptations.

L'on sait depuis longtemps que les plantes aquatiques se distinguent par la simplification remarquable du tissu conducteur ligneux et par la production d'un parenchyme très lacuneux (aérenchyme). Cependant, si beaucoup d'entre elles conservent la structure primaire, il y en a qui ont des tissus secondaires bien caractérisés. Il résulte de mes recherches que les bois secondaires de celles-ci restent uniformes, en général, quel que soit l'âge des parties considérées, et que l'assise génératrice subérophellodermique n'existe que rarement (*Villarsia nymphaeoides*, *Polygonum Bistorta*). Le résultat de son fonctionnement, c'est la formation d'un périderme sans lacunes et la disparition, par exfoliation, de l'aérenchyme caractéristique de l'aquatisme.

Le principal facteur de convergence est ici la constance du régime de l'eau.

Chez les plantes grasses et les plantes halophytes, l'adaptation au milieu sec amène des convergences tout aussi remarquables. L'on savait que les Mammillaires et les *Opuntia* possèdent des bois uniformes. L'étude des tiges de diverses plantes grasses, indigènes ou exotiques cultivées en serre, m'a fait voir que beaucoup d'entre elles ont des couches concentriques ligneuses, à bois de printemps et à bois d'automne souvent peu distincts, et dont le nombre n'est pas en rapport avec l'âge. (*Portulaca afra*, *Euphorbia* divers, *Senecio scandens*, etc.). Un fait intéressant, c'est la présence chez le *Senecio scandens* d'un endoderme plissé très net dans la tige; pareil endoderme existe chez le *Senecio vulgaris*, mais pas toujours.

Le facteur de convergence est ici le chimisme spécial des tissus destinés à retenir l'eau en réserve.

Il y a des plantes auxquelles les botanistes ont donné le nom de palustres. Elles vivent dans les marais et les terrains inondés l'hiver, mais parfois desséchés dans les étés chauds.

Si la plante palustre vit dans un milieu toujours assez humide pour que l'absorption équilibre constamment la transpiration, les bois secondaires forment une couche uniforme dont le diamètre est fonction de la surface transpirante et de la capacité fonctionnelle spécifique de la chlorophylle. L'anneau ligneux est d'égale épaisseur partout si l'appareil aérien est vertical et à ramifications suffisamment symétriques. Le facteur de convergence est encore uniquement la constance du régime de l'eau. C'est le cas des *Drosera rotundifolia*, *Elodes palustris*, etc.

Dans le cas contraire, où l'axe est plus ou moins incliné ou horizontal, la couche ligneuse est dorsiventrale ou asymétrique (*Comarum palustre* des lieux aquatiques, *Glaux maritima*, etc.). Il intervient donc ici un nouveau facteur de convergence, l'état rampant de la tige, produisant l'asymétrie de structure.

C'est si bien à l'aquatisme et à l'absence de variation dans

l'absorption des racines que sont dues l'uniformité des bois et l'absence de couches concentriques ligneuses que les racines, dites queues de renard, du *Populus Balsamita*, qui se développent dans un puisard, ont un bois uniforme, sans couches concentriques, un bois très élastique, à larges vaisseaux et très tendre. Pareille adaptation d'une racine terrestre à bois beaucoup plus dur et plus fibreux, à couches concentriques ligneuses très nettes, tant qu'elle reste dans le sol, son milieu normal, est très caractéristique et démonstrative.

Les choses changent encore quand il y a des variations dans l'absorption causées par la dessiccation progressive du sol au cours de l'été ou quand la plante offre des oscillations dans sa croissance en longueur (phases de rosette et de fructification) ou dans le géotropisme d'un même organe.

Le *Gratiola officinalis* montre dans sa tige rampante une lignification variable des bois correspondant à la phase érigée et à la phase couchée de sa tige; le *Pedicularis palustris* a, dans sa racine, un bois mou de rosette entouré par un bois dur de fructification formé pendant la végétation érigée de la tige. Et une dorsiventralité très nette résulte de la destruction progressive de sa racine pivotante quand celle-ci est remplacée par une racine latérale avec sympode typique radiculaire.

La formation d'un sympode est un nouveau facteur de convergence anatomique qui produit l'asymétrie des tissus.

Les deux espèces précédentes, et d'autres assez analogues, sont des termes de passage entre les types purement aquatiques, à absorption toujours suffisante pour compenser une transpiration variable, et les types vivant dans les marais desséchés au moins partiellement pendant l'été et où l'absorption ne peut toujours suffire à la transpiration. Ce sont en quelque sorte des plantes amphibies. Les autres plantes palustres ont un régime d'eau bien différent. Le bois secondaire présente alors des zones à vaisseaux plus nombreux et plus larges alternant d'une façon fort variable avec des zones à vaisseaux plus étroits et plus rares et aussi à fibres plus dures; ces zones correspondent avec les alternances de végétation active et de vie ralentie

causées par les oscillations des pluies et de la sécheresse de l'été (*Comarum palustre* des parties marécageuses devenant sèches l'été, *Oxycoccus palustris* et Ericacées voisines).

Le facteur de convergence est ici surtout le régime de l'eau pendant la vie active, régime qui subit souvent des variations de très grande amplitude, comme chez les plantes xérophytes.

Dans les plantes terrestres proprement dites, les conditions de vie sont parfois plus compliquées encore, chez certaines espèces du moins. Toutes sont soumises, comme les précédentes, aux variations saisonnières qui règlent le régime de l'eau. Mais les variations de ce régime ont une répercussion fort différente suivant la nature spécifique des espèces, leur vigueur particulière, la durée relative de leur vie, leurs modes de développement et de propagation, la station où elles se trouvent, la concurrence qu'elles subissent de la part des autres végétaux, etc., comme aussi suivant la nature des organes d'une même plante et leur adaptation à des fonctions déterminées.

Il résulte de mes recherches qu'à toutes ces différences, qu'à ces facteurs multiples, correspondent des structures spéciales et des convergences parfois très prononcées entre plantes appartenant à des familles très éloignées mais ayant des modes de vie analogues, et ces convergences se trouvent aussi bien chez les plantes monocarpiques que chez les végétaux polycarpiques, chez les plantes herbacées que chez les arbres.

Le cas le plus simple, chez les végétaux monocarpiques, est celui des racines et des tiges de beaucoup de plantes annuelles, à développement régulier, rapide et progressif, comme par exemple celui du *Xanthium Strumarium*. Dans ces plantes le courant principal des produits nutritifs se rend au bourgeon terminal et l'emporte constamment de beaucoup sur les courants latéraux, au moins jusqu'au moment de la fructification. Il n'y a pas de rosette.

L'axe souterrain et l'axe aérien ne subissent d'autres accidents de végétation que ceux qui, après avoir amené la vie

ralentit, entraînent la mort de la plante au bout de six à huit mois de végétation environ.

Aussi le tissu secondaire ligneux de la racine et de la tige est-il formé de bois de printemps suivi de bois d'automne en couche unique sans séparations.

La valeur quantitative du bois secondaire dépend des conditions de vie et de l'adaptation de la plante au milieu. Ainsi une plante qui doit, à cause de la concurrence des plantes voisines élevées, allonger considérablement sa tige pour fleurir, possède un bois plus développé, à ramification égale, que la plante de même espèce, venue au milieu de plantes basses.

Le tassement relatif des individus et la lutte pour l'aliment qui s'exerce à la fois dans le sol et dans l'air sont donc aussi des facteurs de convergence, car c'est d'eux que dépend la valeur des tissus de soutien. La culture en semis plus ou moins serrés et les plantations plus ou moins denses permettent facilement de le démontrer expérimentalement.

Beaucoup de plantes herbacées, tout en étant monocarpiques, ont des modes de développement plus compliqués. Telles sont les espèces à rosette, annuelles, bisannuelles et plurannuelles, chez lesquelles la phase de rosette est accompagnée de la mise en réserve des matières nécessaires à la fructification et où la notion de durée du développement est considérée par les botanistes descripteurs comme un caractère d'importance considérable.

Dans la racine de ces plantes, les bois qui correspondent à la phase de rosette où les feuilles sont étalées sur le sol, et à la phase dressée de la tige fructifère, sont bien différents. Le bois de rosette est mou et peu fibreux, la fonction de soutien étant alors réduite à son minimum; le bois de fructification qui correspond à l'état érigé de la tige est au contraire dur et fibreux, proportionnel, comme étendue, épaisseur et dureté, au poids de l'appareil aérien qu'il doit supporter.

Les variations dans la taille et le port de celui-ci provoquent des modifications quantitatives intéressantes portant sur les proportions respectives des bois de rosette et de fructifica-

tion. Ainsi le bois de rosette prédomine dans la Laitue, la Mâche, etc. ; dans le *Lithospermum arvense*, c'est le contraire, et il peut même arriver qu'il enserre si étroitement le bois de rosette que celui-ci semble ne pas exister (plantes à rosette faible ou de courte durée); enfin souvent ces deux formations sont sensiblement égales (*Aphanes arvensis*, etc.).

Ce qu'il y a de très remarquable, c'est que des plantes à rosette, annuelles, bisannuelles et plurannuelles, présentent une structure semblable dans leur racine. La structure est donc indépendante de la durée de la phase de la rosette, qui est de quelques mois chez les plantes annuelles, d'un an environ chez les plantes bisannuelles. La Laitue, la Carotte, les pieds de Vipérine plurannuels, ont ainsi le même type de structure. Il résulte de là une première conséquence importante : c'est qu'il n'y a pas de relation entre l'âge et le nombre des couches concentriques des bois secondaires dans la racine des plantes monocarpiques à rosette.

Ce fait peut se vérifier expérimentalement. Il suffit pour cela d'abrégé la phase de rosette, par la culture en semis serrés ou à contre saison, chez les plantes bisannuelles ou plurannuelles et de transformer ainsi quelques pieds en plantes annuelles. Ce développement abrégé modifie bien les proportions quantitatives des bois de rosette et de fructification, mais non la nature respective de ces bois qui restent disposés comme chez la plante fleurissant à la deuxième année de son existence.

Un second fait non moins curieux, c'est que cette structure particulière se trouve chez des plantes vivant dans des stations très différentes et appartenant à des familles très variées. Sous ce rapport, l'*Aphanes arvensis* (Rosacée des champs cultivés) voisine avec le *Silene conica* (Caryophyllée des dunes); la Carotte (Ombellifère cultivée dans nos jardins), avec le *Verbascum Blattaria* (Scrofulariée des lieux incultes); le *Pedicularis palustris* (Scrofulariée des marécages), avec les *Draba muralis* et *Sysimbrium austriacum* (Crucifères des lieux très secs); le *Chlora perfoliata* (Gentianée calcicole), avec le *Lycopsis arvensis* (Borraginée des lieux sablonneux), etc.

Le rythme de végétation spécifique l'emporte ici sur les

affinités systématiques et sur les appétences chimiques (eau et sels dissous). Le facteur soutien, sans importance au stade rosette, prédomine pendant le stade dressé.

Tout en conservant la distinction nette en bois de rosette et bois de fructification, les plantes monocarpiques à rosette présentent des variations qu'on peut appeler qualitatives par opposition aux variations purement quantitatives précédemment indiquées. Tantôt elles portent sur un seul de ces bois particuliers, tantôt sur les deux à la fois; elles peuvent être d'ordre spécifique ou être provoquées par des oscillations, d'intensité et de durée variables, dans le régime de l'eau aux deux stades de leur existence.

Ainsi dans un grand nombre de végétaux à rosette plus ou moins développée, le bois mou est au centre de la coupe et le bois dur à l'extérieur, ce qui est une disposition inverse de ce qui se passe chez les arbres où le duramen est à l'intérieur. Il y a un certain nombre de plantes monocarpiques chez lesquelles le bois dur est à l'intérieur (*Anagallis arvensis*, *Filago minima*, etc.) comme chez les arbres.

Dans l'un et l'autre cas, le bois de rosette et le bois de fructification ont un rôle physiologique distinct qu'ils remplissent seulement pendant la phase à laquelle ils correspondent. Le rôle de la rosette terminé, les feuilles tombent et l'appareil ligneux qui les irriguait reste sans emploi. Il en est de même quand il se forme une rosette anormale en vue d'assurer la persistance de la plante : le bois de rosette anormal extérieur assure à lui seul la conduction; les bois de ramification et de rosette précédents n'ont plus de rôle actif dans le transport des produits nutritifs.

Dans des racines âgées de quelques mois, chez des plantes à rosette plus ou moins développées, les vaisseaux ligneux sont disposés en îlots, reliés longitudinalement en réseaux; ces îlots forment des sortes de couronnes, fractionnées, circulaires, et donnent l'illusion de véritables couches concentriques ligneuses, comparables à celles que l'on trouve chez certaines racines âgées.

C'est le cas de diverses Malvacées, Borraginées, Crucifères, Scrofulariées, etc.

Le liber intraxylaire et le parenchyme en îlots, quand ils existent, se trouvent dans le bois de rosette seulement chez plusieurs plantes monocarpiques à rosette, comme par exemple *Chlora perfoliata*, *Sinapis nigra*, etc. Je n'ai pas jusqu'ici rencontré des formations de cette nature dans le bois de fructification, qu'il s'agisse de plantes annuelles, bisannuelles ou plurannuelles.

Chez d'autres plantes monocarpiques, le bois de fructification présente de véritables couches concentriques disposées comme chez les végétaux âgés, c'est-à-dire formées de zones alternativement dures et tendres (Crucifères, Composées, etc.).

Dans ces deux cas, on donnerait à la racine de la plante un âge bien supérieur à celui qu'elle a en réalité, si l'on s'en rapportait exclusivement au nombre des couches concentriques du tissu secondaire ligneux.

Chez les plantes plurannuelles, la racine présente des couches souvent multiples, en nombre très variable suivant les exemplaires, car ceux-ci rencontrent, dans beaucoup de cas, des conditions de vie différentes au cours de l'évolution de leur rosette et au moment de la montée à fleurs (*Digitale*, *Plantago coronopus*, etc.).

Il est facile de démontrer expérimentalement que les couches concentriques ligneuses plus ou moins nombreuses et plus ou moins nettes que l'on rencontre dans la coupe des racines chez les plantes monocarpiques sont dues à des oscillations du régime de l'eau, à seuils d'intensité et de durée suffisants pour que les bois formés à ces moments puissent les enregistrer.

Pour cela, on emploie les arrosages intermittents, avec phases de sécheresse, ou les décapitations pendant la montée à fleurs, ou bien encore, par semis serrés, on transforme la plante monocarpique en plante polycarpique remontante.

Dans ces cas, à part quelques exceptions dues à des caractères spécifiques particuliers ou à la prédominance de la fonction de réserve sur les rythmes de végétation, on obtient des couches

concentriques surnuméraires. Si la floraison remontante est euchrone, on a une seule couche concentrique surnuméraire; on en a plusieurs, si elle est achrone (Tabac).

On peut aussi prouver expérimentalement que les bois de rosette et de fructification sont des tissus physiologiques qui correspondent aux besoins différents de la conduction aux deux stades successifs du développement chez les plantes à rosette.

Par la culture en semis très serrés, on oblige quelques-uns de ces végétaux à monter rapidement à fleurs sans avoir pu former une rosette appréciable. A la fin de la végétation, la racine n'a pas de bois de rosette distinct ou n'en a que très peu. Dans le cas où ce pied, à développement abrégé, vient à remonter, c'est-à-dire devient polycarpique, il arrive quelquefois que les rameaux réparateurs forment rosette. La plante subit ainsi une inversion dans les deux stades de végétation, et la racine possède alors le bois de fructification, dur et serré, au centre, avec du bois mou et lâche de rosette à la périphérie (*Ænothera*, etc.).

Un résultat analogue s'obtient par la décapitation d'une tige, au début de la floraison, chez des plantes bisannuelles dont les rameaux réparateurs se développent en rosette (*Sysimbrium austriacum*). La racine possède alors du bois de rosette normal au centre, du bois de fructification au milieu, du bois de rosette anormal ou de régénération à la périphérie.

A l'inversion des stades correspondent donc une inversion anatomique et une inversion physiologique, car chaque bois a son rôle conducteur particulier.

L'examen des coupes de la racine chez un grand nombre de plantes monocarpiques à rosette — et cela se retrouve chez diverses plantes polycarpiques — montre que la symétrie est bilatérale et non radiale. Nombre d'entre elles ont une dorsiventralité très accusée, qui est particulière aux exemplaires dont la tige s'est accidentellement plus développée d'un côté que de l'autre pour des raisons quelconques, ou dont la racine principale a été suppléée par des racines secondaires formant, à des degrés divers, un sympode radiculaire (*Argemone mexicana*,

Malvacées diverses, *Omphalodes linifolia*, *Euphorbia helioscopia*, etc., etc.).

La dorsiventralité de la racine, comme celle de la tige, est facile à produire expérimentalement par divers moyens. On peut, par la culture en semis serrés, qui donne des pieds se développant unilatéralement, par décapitation de la tige poussant à fleurs en laissant un seul rameau réparateur, par section transversale d'une partie importante de la racine principale et formation d'un sympode radiculaire artificiel, provoquer des dorsiventralités très marquées dans les racines et transformer la symétrie radiale en symétrie bilatérale.

Comme ces faits se rencontrent fréquemment aussi dans la nature, il faut conclure que la loi de Van Tieghem, relative à la conservation de la symétrie radiale dans la structure secondaire de la racine, n'a pas la généralité qui lui a été attribuée.

La transformation, à la suite de la greffe, d'un Haricot annuel en Haricot vivace à racine tuberculeuse montre la réduction des tissus de soutien et l'augmentation des parenchymes de réserve et la disparition des fibres caractéristiques des racines chez cette Légumineuse. La fonction de réserve étant devenue prédominante, les couches concentriques font défaut.

Dans les tubercules, il n'y a pas trace de Champignons microscopiques. Ce fait, rapproché des résultats négatifs obtenus chez des Pommes de terre stérilisées par bouturage en solutions nutritives (E. Laurent) et par greffe (L. Daniel) et que j'ai contrôlés, infirme l'hypothèse de Noël Bernard attribuant l'origine de la tubérisation à une symbiose parasitaire.

La structure secondaire ligneuse de la racine et celle de la tige sont souvent plus compliquées encore chez les plantes polycarpiques qui ont des modes de croissance très variés. La division du travail organique y est poussée beaucoup plus loin parfois que chez les plantes monocarpiques.

Chaque organe, tout en faisant partie d'un tout harmonique, joue son rôle spécial en conservant une certaine indépendance végétative. Ainsi la racine et la tige ne croissent pas tou-

jours simultanément ; les fleurs peuvent apparaître avant les feuilles; des parties meurent pendant que se forment des organes de remplacement; telle portion de la plante passe à l'état de vie ralentie quand une autre peut conserver la vie active; certains organes sont situés en des milieux différents (sol et air), et possèdent un géotropisme différent.

Enfin interviennent annuellement, pendant un temps variable, des passages réguliers à l'état de vie active et de vie ralentie, avec des accélérations ou des ralentissements provoqués par les oscillations du régime de l'eau correspondant aux variations de la météorologie suivant les années.

Chez ces plantes, sous l'influence combinée de ces multiples facteurs, l'on trouve des structures adaptatives et des convergences nombreuses, plus prononcées parfois que chez les plantes monocarpiques. Sous ce rapport, il y a lieu de distinguer les plantes herbacées et les arbres.

Les plantes polycarpiques herbacées ont des modes de végétation très divers, et l'on y trouve des types à rosette et des types sans rosette, des espèces à parties aériennes persistantes ou mourant chaque année. Leurs structures sont simples ou complexes à des degrés divers.

En dehors des cas connus des plantes polycarpiques peu nombreuses dont la structure reste primaire, on trouve des structures simples, à bois*secondaires sensiblement uniformes et sans couches concentriques, chez les plantes à rosette dont l'appareil fructifère est peu développé, dont le poids nécessite un faible soutien et chez lesquelles la fonction de réserve est très prédominante. C'est le cas du Pissenlit et de diverses Composées vivaces.

La même disposition existe dans les tiges souterraines et les racines traçantes également riches en réserves et soutenues naturellement par le sol, comme celles des *Convolvulus*, *Cirsium*, *Sonchus arvensis*, etc. ; dans les tiges rampantes avec rosette comme chez le *Saxifraga umbrosa*, ou sans rosette comme

chez l'*Oxalis acetosella* qui a quelquefois une structure semblable à celle d'un pétiole.

Mais en général les structures de ces parties souterraines ou rampantes sont plus compliquées. Quelquefois les tissus ligneux secondaires présentent une tendance à se partager en couches concentriques (Rhizomes de *Physalis Alkekengi*, tiges rampantes de *Pachysandra procumbens*, etc.).

Souvent la distinction des couches est plus nette et parfois bien tranchée. Les tissus sont différents au printemps et à l'automne et même parfois au cours de la végétation active d'une même année quand la tige passe successivement de l'état dressé à l'état rampant, quand il y a des formations espacées de racines adventives et lorsqu'il se forme des rameaux réparateurs sur les parties vivaces souterraines.

Ces formations donnent des anneaux ou des arcs concentriques tantôt distincts, tantôt confondus à des degrés divers. De là, des structures très tourmentées et irrégulières où l'on ne peut reconnaître l'âge qu'à la condition d'avoir suivi pas à pas le développement de la plante et de ses parties diverses, et noté soigneusement les variations du milieu extérieur.

Les plantes polycarpiques à rosette, à croissance indéfinie ou à croissance sympodique, présentent, à côté de structures spécifiques plus ou moins tranchées, de nombreux exemples de convergences produites par les facteurs précédemment énumérés. Ainsi les bois de rosette et de fructification, dans la racine ou la tige, peuvent alterner de façon plus ou moins régulière (*Aubrietia* et diverses plantes alpines, etc.). Et cette structure se retrouve chez les plantes monocarpiques transformées en plantes polycarpiques par le climat marin comme le *Plantago coronopus*, par exemple, où l'alternance est parfois très régulière.

La formation de bois de printemps et de bois d'automne, avec couches concentriques, s'observe assez souvent chez les plantes herbacées polycarpiques, mais les organes à croissance suffisamment forte et rapide ont seuls des couches concentriques distinctes, concordant avec l'âge. Dans la très grande majorité

des cas, ces couches sont indistinctes, de nombre variable suivant le niveau des coupes et leur nombre n'est pas en concordance avec l'âge (*Potentilla Fragariastrum*, *Cirsium acaule*, *Geranium sanguineum*, etc.).

La symétrie radiale est rare dans la tige; elle ne se trouve pas toujours dans la racine, quand le pivot persiste. Des dos et des ventres se forment à des places variées suivant les points où prennent naissance les bourgeons réparateurs des sympodes tigellaires, radiculaires ou mixtes. Des épaississements ou des étranglements se produisent sur les rhizomes et correspondent à des périodes de vie plus active ou de vie plus ralentie. La répartition des produits plastiques ne se fait pas dans toute l'étendue de l'organe, de telle sorte que les parties voisines des rosettes ou des feuilles peuvent seules croître en épaisseur; les parties inférieures reçoivent simplement la ration d'entretien. Aussi trouve-t-on assez souvent des parties plus anciennes qui ont un nombre de couches concentriques inférieur à celui de parties plus jeunes (plantes à rhizomes, à tiges persistantes rampantes, à stolons persistants restant plusieurs années reliés au pied mère, etc.).

On peut modifier expérimentalement la durée de la vie des stolons et amener un stolon annuel à vivre deux ans, avec les modifications de structure correspondant à l'état érigé (*Fragaria vesca*), concurremment avec celles qui résultent de l'augmentation de la durée.

Les modes de floraison terminale ou latérale, l'importance relative de la ramification de l'appareil végétatif aérien et de l'appareil florifère qu'il porte, en développant ou en restreignant les tissus de soutien, sont encore des facteurs de convergence. Il en est de même des stations. C'est ainsi que des plantes de familles éloignées comme *Stellaria graminea* et *Galium Crucjata* ont des structures très voisines, parce qu'elles ont sensiblement les mêmes conditions de vie, etc.

L'on trouve encore des convergences chez les tiges plus ou moins rampantes de certaines Potentilles et des *Chelone*, où du

bois en anneau continu est suivi de bois rayonnant avec compartiments ligneux séparés par des rayons médullaires.

Une telle disposition vient de ce que ces plantes ont passé par des phases physiologiques différentes, car de pareilles structures peuvent se réaliser expérimentalement chez des plantes annuelles (*Phacelia*), bisannuelles (*Sysimbrium austriacum*) ou polycarpiques (*Leucanthemum vulgare*) quand on les fait remonter artificiellement.

Les convergences que l'on observe entre des plantes grasses, comme le *Portulaca afra*, et des plantes non grasses, comme les *Eryngium*, s'expliquent tout naturellement par une adaptation au milieu sec. Mais il est plus difficile de saisir les raisons de la convergence anatomique que l'on observe entre le *Portulaca afra* et la racine du *Medicago sativa* par exemple.

Les couches concentriques peuvent être moins distinctes dans les compartiments ligneux que dans les rayons médullaires (*Epimedium*). Dans les Orties, et diverses autres plantes, il y a des structures spéciales qui peuvent être considérées comme spécifiques. Il en est de même pour certains tissus chez les Crucifères, les Légumineuses, les Gentianées, etc.

D'une façon générale, on peut dire que chez la très grande majorité des plantes polycarpiques herbacées, les organes persistants et surtout les organes souterrains ont des bois secondaires dans lesquels les couches concentriques, quand elles existent, n'ont pas un rapport net avec le nombre des années vécues par l'organe considéré.

Ce nombre est facile à faire varier expérimentalement par arrosage discontinu, acclimatation, décapitation et autres opérations d'horticulture (Héliotrope, *Ageratum*, etc.). Chez d'autres plantes, ces procédés ne donnent pas de variations nettes dans les tissus ligneux secondaires (*Lobelia urens*, *Erythraea centaurium*, *Achyranthes*, etc.)

Ainsi, dans les plantes herbacées polycarpiques, les facteurs de convergence sont multiples. Parmi les plus importants, on peut citer : le régime de l'eau, la direction géotropique, les modes de croissance, la nature des fonctions, la durée relative de l'activité cambiale, etc.

Les arbres ont aussi des convergences résultant d'adaptations spéciales, tant dans la tige que dans la racine. La structure varie suivant les fonctions et l'âge des organes. Chez les arbres qui ont des branches fructifères portant des bourses, les couches concentriques ligneuses concordent avec les années dans les tiges quand celles-ci sont à croissance en épaisseur suffisante; elles finissent, au bout d'un temps plus ou moins long, par devenir indistinctes. Le tronc et les branches principales sont les parties où la concordance entre l'âge et le nombre des couches concentriques ligneuses persiste le plus longtemps. Chez les branches fructifères, les branches mixtes, les petites branches à bois de courte durée, les branches épineuses, la concordance cesse au bout d'un temps beaucoup plus court. Les branches épineuses peuvent ne pas avoir de séparations ligneuses, quand elles sont dépourvues de pousses latérales.

La branche fructifère présente des adaptations multiples; sa croissance, d'abord indéfinie, se termine par une rosette de feuilles et, après une première fructification, devient sympodique. La structure, d'abord à symétrie plus ou moins axiale, devient bilatérale. Les bois se fractionnent dans la bourse et se partagent en bois persistants correspondant aux rameaux réparateurs, et en bois caducs correspondant aux pédoncules des fruits. Les tissus de soutien sont proportionnels au rôle qu'ils doivent remplir, et les sclérites sont abondants dans cette dernière région.

Dans les arbres dépourvus de branches fructifères à bourses, on trouve des structures analogues aux précédentes dans les branches longues ou mixtes, les petites branches à bois ou à fruits et les branches épineuses quand celles-ci existent.

On peut réaliser artificiellement certaines de ces structures et les formes correspondantes des branches chez quelques arbres par la culture en lumière atténuée et divers procédés d'arboriculture. On arrive ainsi à obtenir des couches annuelles indistinctes, aussi réduites que l'on veut, et à même empêcher leur formation en réduisant l'organe à sa ration d'entretien.

De même, par d'autres procédés, tels que l'arrosage inter-

mittent et les décapitations, on multiplie le nombre des couches concentriques, de telle sorte qu'à n décapitations correspondent $n+1$ couches, en y comprenant la couche existant au moment de la première décapitation.

La nature des couches de séparation formées dépend de l'époque à laquelle est faite la décapitation et de la nature spécifique des arbres ou arbustes considérés.

Il y a des végétaux ligneux chez lesquels la distinction des couches concentriques est fort nette après décapitation pendant la vie active; chez d'autres, elle est peu sensible et enfin il y a quelques rares espèces chez lesquelles la formation d'un sympode artificiel n'entraîne d'autres conséquences que la dorsiventralité. Pareil fait s'observe dans les petites branches âgées, quand on les décapite ou quand on les greffe pendant la vie active de l'arbre.

Dans les *Magnolia*, l'axe floral a une structure de Monocotylédone, tandis que le reste de la plante, tige et racines, a une structure de Dicotylédone.

Ici il ne saurait être question de convergence et d'adaptation. Il s'agit évidemment d'une disposition spécifique originelle.

La racine des arbres ne présente pas de sympodes bien tranchés comme chez les plantes herbacées. Cependant, par la taille du pivot, on peut en établir artificiellement. Les résultats anatomiques sont analogues à ceux que l'on obtient à la suite de toute ramification sympodique.

La division du travail et les adaptations d'organes à des fonctions spéciales sont également moins marquées dans la racine des arbres. Cependant les racines drageonnantes, à direction horizontale et soutenues sur le sol, se distinguent par l'uniformité des bois, par leur élasticité résultant de la réduction des fibres ligneuses, par des vaisseaux ligneux larges, visibles à l'œil nu et donnant à la coupe un aspect poreux bien différent de l'aspect compact du bois serré des racines ordinaires (Peupliers, etc.), et par l'absence de couches concentriques, tant que des drageons vigoureux ne les ont pas alimentées de façon

différente au printemps et à l'automne. Cette convergence existe chez des plantes très éloignées en classification.

Au point de vue spécial de l'emboîtement des cônes et de la forme conique droite présentée par les tiges, cette disposition peut être artificiellement renversée si l'on arrive à mettre une distance trop grande entre les parties feuillées et les régions inférieures de la tige.

Avec l'âge, l'emboîtement des cônes cesse progressivement; le cône fait place au cylindre, régulier ou irrégulier, d'abord chez les petites branches, puis dans les branches mixtes et finalement dans l'arbre tout entier. On peut expérimentalement avancer ou retarder ce phénomène.

Les facteurs de convergence sont à peu près les mêmes que chez les plantes herbacées, mais plus compliqués encore et d'importance particulière différente. Ainsi la division du travail est un facteur très important de même que le mode particulier de croissance définie ou indéfinie, etc.

En résumé, il résulte de l'ensemble de ces recherches que l'emboîtement des cônes, avec distribution des produits plastiques dans l'ensemble de l'appareil végétatif et la concordance entre l'âge et le nombre des couches concentriques secondaires ligneuses sont loin d'avoir la généralité qu'on leur a souvent attribuée.

Dans les plantes herbacées, ces deux dispositions sont en effet plutôt l'exception.

Chez les arbres des régions tempérées, elles se rencontrent au contraire tant que la croissance est régulière et suffisante pour que les couches formées chaque année restent distinctes. C'est le cas des branches à bois et en particulier du tronc, pendant de longues années, quand le milieu est normal et quand l'arbre se développe sans accidents et sans à-coups.

Beaucoup de branches perdent de bonne heure la faculté de s'accroître en cône et de former des couches concentriques distinctes : c'est le cas des diverses petites branches; les branches à bois primitives finissent par se transformer en

branches mixtes et perdent elles-mêmes plus ou moins vite, suivant leur situation, le mode primitif de croissance pour devenir cylindriques et irrégulières et donner des couches concentriques confuses. A son déclin l'arbre tout entier donne ainsi des couches indistinctes pendant un temps souvent fort long.

Il résulte de là que la détermination de l'âge d'une plante herbacée par le nombre des couches concentriques d'un de ses organes ne peut se faire d'une façon sûre dans l'immense majorité des cas.

Chez les arbres, ce procédé n'est utilisable que pendant la période de croissance régulière et, comme il exige que l'organe considéré n'ait pas subi de gros accidents de végétation (casures ou décapitations, à-coups de végétation, gelées brûlant les pousses, etc., qui entraînent des couches concentriques surnuméraires assez souvent semblables aux véritables couches annuelles), il ne saurait avoir la précision absolue que le législateur lui a attribuée.

II

L'influence des conditions de vie et des rythmes de végétation sur la structure secondaire des Dicotylédones touche à deux questions très discutées et qui le seront longtemps encore sans doute : l'origine des espèces et l'origine de la vie.

Les adaptations et les convergences sont des faits. Comme tels, ils sont acceptés par tout le monde, mais les auteurs diffèrent quant à leur interprétation suivant le système philosophique qu'ils préfèrent.

Bien que je me sois surtout attaché à rechercher des faits nouveaux en vue d'une explication future, je me suis demandé si les systèmes philosophiques actuels permettent de comprendre et d'interpréter les adaptations et les convergences des tissus secondaires, en particulier celles du deutéroxyème, que je viens d'exposer.

D'après Bergson (75), notre intelligence ne comprend que l'immobile; elle ne peut concevoir qu'une série d'actes successifs et non l'évolution continue qui seule est la réalité. C'est ce qui fait qu'on parle de stades alors que ceux-ci ne sont que des points d'arrêt fictifs imaginés par nous.

Pourtant, si l'on peut dire que la vie d'un organisme n'est pas une série de stades, les plantes de nos pays présentent des stades, car la vie hivernale pour les plantes vivaces et la mort des parties feuillées avec la phase graine à l'état de vie latente sont des périodes où la vie est tellement lente qu'on peut considérer comme nulles ses manifestations créatrices et qu'elle se réduit à un simple entretien de la matière.

Il y a donc des *coupures* dans la vie même, coupures indiquées non par des arrêts mais par des *ralentissements considérables*, et c'est dans ce sens que j'ai parlé de stades dans la vie de certaines plantes, sans m'illusionner sur la valeur objective de ce mot.

Les tissus secondaires, surtout le deutéroxylème, formés au cours de la vie de la plante, reflétant l'influence du milieu sur la faculté créatrice et adaptative de l'être, demeurent comme une trace fixe du chemin parcouru par celui-ci dans son cycle évolutif.

Dans leurs adaptations et leurs convergences, il y a les cas généraux, avec couches concentriques ligneuses nettes, et ceux chez lesquels celles-ci n'existent pas. Cela est sous l'influence de causes générales : saisons, milieu aquatique constant, milieux souterrain et aérien, réduction ou absence de courant nutritif (petites branches). Tout est net dans ces cas généraux, en gros du moins : *on peut prévoir la structure*.

Mais il y aussi des cas particuliers, comme celui des plantes à rosette par exemple, dans lesquels les diverses sortes de bois secondaires tiennent à la forme (acaule, rampante ou dressée) et à l'écologie. De même les bois secondaires peuvent varier par l'emploi systématique des divers facteurs que j'ai étudiés dans la partie expérimentale de ce travail, et, à l'aide de ceux-ci, on peut parfois provoquer des inversions dans le développement et la structure.

Là surtout, on peut parler d'adaptation au milieu et de correspondance entre la structure et le mode de vie. Les cellules de la plante, gênées ou favorisées par le milieu, s'arrangent de telle ou telle façon qu'on peut prévoir en gros mais qui est variable suivant les espèces, quelquefois même suivant les individus. *La prévision de la forme est souvent très réduite en comparaison des cas généraux précédents.*

Ainsi il y a adaptation du tissu ligneux au milieu, la plante réagissant de façon variable; il n'y a pas de forme préexistante. Est-ce à dire que la plante crée ? Non; il y a un courant d'énergie canalisée de façon variable, énergie puisée dans le soleil et transformée dans la matière de la cellule vivante. On peut dire cela sans préjuger de l'énergie initiale et de l'origine de la vie.

Les conditions extérieures ne sont donc pas comme un moule imprimant sa forme; elles impriment une direction, ce qui est tout différent; et, suivant cette direction, chaque plante répond à sa manière.

Ceci suppose la vie, c'est-à-dire la propriété de nutrition et de reproduction. Une cellule se reproduit et végète plus ou moins, *je le constate* sans chercher à expliquer la *cause* qui la fait vivre et se reproduire. C'est cette même cause qui fait réagir ses tissus secondaires de telle ou telle façon aux circonstances extérieures. Est-ce l'*élan vital*, comme le veut Bergson ? Je me garderai de le dire, quoique l'hypothèse de ce philosophe soit séduisante par le repos qu'elle donne à l'esprit. Pourquoi vit l'organisme ? Parce qu'il a en lui un élan vital. C'est trop simple. C'est un finalisme moderniste qui place, non plus à la fin mais à la base, quelque chose d'incompréhensible comme un mystère : un élan.

Tout en reconnaissant l'insuffisance du *Mécanisme* (76), je ne puis admettre une philosophie qui explique l'évolution, la vie et ses manifestations, par une *tendance*.

Parce qu'aucune hypothèse ne satisfait pleinement notre esprit, faut-il se décourager et abandonner les recherches, même au point de vue purement spéculatif ? Certes non. Les mathématiciens n'ont pas été découragés parce qu'ils se sont heurtés

à des problèmes insolubles comme la quadrature du cercle, la trisection de l'angle et le mouvement perpétuel. Les physiciens ignorent encore l'essence même de l'électricité; cela ne les a pas empêchés d'en tirer un merveilleux parti. En Biologie, les doutes et les divergences d'opinion seront très probablement pendant longtemps encore la rançon du progrès.

Parce qu'on ignore la nature de la vie, il ne faut pas abandonner l'étude de ses manifestations.

III

Dans quelle mesure les faits et les considérations qui précèdent peuvent-ils avoir un intérêt utilitaire, par exemple en Agriculture ?

Ce qui importe surtout, dans les applications de la Biologie végétale, c'est de connaître, non l'origine même de la vie, mais les directions imprimées aux végétaux par les divers facteurs qui constituent les milieux, par les conditions de vie en un mot, et les réponses particulières qu'y fait chaque organisme. Mais, il faut en convenir, notre action ainsi comprise n'est pas absolue; elle est essentiellement limitée quoi qu'on en puisse dire.

Si par l'emploi de facteurs morphogéniques connus, l'on peut, chez les plantes cultivées, imprimer des directions qui provoquent en gros les mêmes réponses, il ne faut pas en conclure que les résultats cherchés, l'obtention des formes par exemple, sont sous notre dépendance complète, comme s'il s'agissait de réactions chimiques réalisées *in vitro* et qui peuvent être rigoureusement répétées en plaçant les mêmes corps dans des conditions semblables.

L'espèce, la race, les fragments d'un être choisis aussi semblables que possible, sont formés d'individualités propres dont la complexité d'organisation est telle qu'elle échappe en grande partie à notre analyse. Par le fait de cette individualité, chaque plante réagit à sa manière dans certaines limites.

Ce serait une grave erreur de vouloir ramener son fonc-

tionnement physiologique à des processus chimiques simples ou compliqués, tels qu'on les obtient dans les laboratoires. Il y a arrêt complet dans l'expérience de pure chimie parce que l'on opère avec des substances inertes sur lesquelles l'évolution n'a pas de prise. Chez les êtres vivants, l'évolution est au contraire continue et il n'y a pas d'arrêt complet possible tant que la vie persiste.

Si l'on parvenait, — ce qui n'a jamais été fait jusqu'ici, — à créer de toutes pièces une forme cherchée par l'emploi de facteurs connus exactement dosés, on ne pourrait la conserver indéfiniment identique à elle-même parce que nous ne sommes pas maîtres du temps et que l'organisme obtenu évoluerait obligatoirement sous l'action de celui-ci.

Il résulte de là que l'agriculteur ne peut fixer complètement les formes végétales ou animales qu'il utilise, car il lui est impossible d'empêcher leur évolution lente. Tout ce qu'il peut, c'est avancer ou retarder celle-ci, — qui est plus ou moins rapide suivant les espèces, — en changeant les conditions de vie ou en les maintenant au contraire aussi constantes que possible et semblables à celles qui ont présidé à la formation de la plante.

Il y a lieu de séparer, dans l'influence du milieu, les notions d'espèce et de durée de l'action des facteurs. Il existe des plantes chez lesquelles, ainsi que je l'ai montré, la faculté de former de nouveaux tissus est très limitée. Ce sont en somme les mieux adaptées puisqu'elles sont plus résistantes aux variations du milieu. Les autres végétaux, trop sensitifs, si je puis employer cette expression, réagissent rapidement, et, si les réactions sont trop fortes, elles en souffrent et peuvent en mourir. On peut dire de ces plantes qu'elles se comportent à la façon du cheval de pur sang anglais qui supporte mal des changements de régime qui ont peu d'effet sur un cheval commun.

L'adaptation, au sens de création, de variation inconsciente ou même vaguement consciente, serait plutôt une preuve du manque de rusticité de la plante, une preuve de souffrance dans le milieu. Les animaux ou les plantes les moins impressionnables

sont ceux qui persistent le plus longtemps parce qu'ils peuvent supporter les plus grandes variations de milieu (*).

D'où cette conclusion d'apparence paradoxale, mais de grande importance pratique : la plante qui a le plus de faculté créatrice est celle qui supporte le moins les changements de milieu. Puissance de vie ne veut pas dire puissance d'adaptation (**).

Une plante qui enregistre les variations de milieu avec trop de fréquence finit par en mourir. C'est un fait maintes fois constaté en Agriculture. Dans son désir d'arriver plus vite au maximum de rendement, le cultivateur exagère la nutrition et fait varier constamment les conditions de vie. Il abrège l'évolution causée par l'action lente du temps ; c'est ainsi que de nombreuses formes culturales se sont modifiées et ont fini par disparaître (***). De là l'obligation de les remplacer par des formes nouvelles, et, comme Knight l'a indiqué depuis longtemps, de chercher des types de remplacement.

Une forme étant donnée, on peut seulement l'obliger, pen-

(*) L'homme peu impressionnable et peu nerveux résiste mieux au physique et au moral que l'homme impulsif, à système nerveux trop facilement surexcitable. Le premier réagit peu et s'adapte ; le second réagit fortement et s'adapte mal. J'en ai vu maint exemple dans la guerre actuelle.

(**) On peut se demander, dans ces conditions, s'il y a un nivellement constant et tendance à la vulgarité. Aux temps primaires et secondaires, les espèces ayant le plus varié, — donc paraissant avoir le plus la faculté créatrice qui permet de s'adapter, — sont éteintes alors que la Lingule vit encore.

De même pour l'intelligence. Il n'y a pas de production d'un intelligent par un intelligent ; il y a retour au type moyen qui n'est pas ou qui est peu perfectible. Le surhomme de Nietzsche ne peut exister en tant que race. Comme Pascal l'a dit après Montaigne : « Qui veut faire l'ange, fait la bête. » Il y a envolée de l'esprit une fois, puis tout retombe dans la vulgarité commune.

Si les choses se passaient vraiment de cette façon quant à l'hérédité des caractères acquis que je n'ai pas envisagée pour le moment, l'adaptation ne serait qu'un mot. Mais fût-elle ainsi réduite à une action momentanée, l'influence des conditions de vie conserve encore un sérieux intérêt agricole.

(***) On en connaît de nombreux exemples chez les plantes cultivées (arbres fruitiers, Vignes, Pommes de terre, Rosiers, Chrysanthèmes, etc.).

dant un certain temps, à évoluer en gros dans une direction déterminée en établissant pour elle des conditions de vie appropriées. C'est là un fait, mais on ne doit pas s'illusionner sur sa portée pratique. Là encore, le pouvoir de l'homme n'est pas absolu sur la plante. Celle-ci ne peut être comparée complètement, quoi qu'on en dise, à une machine bien montée que l'on met en mouvement et qui marche ensuite aveuglément dans la direction imposée, ou à une usine formée d'un ensemble de machines obéissant toujours de la même manière à l'ingénieur qui les dirige. La plante vit et réagit par elle-même; la machine est inerte. Il y a entre elles la différence qui existe entre les canards vivants et les canards de Vaucanson, entre le jouet mécanique et celui qui le remonte et l'actionne. C'est là ce que les partisans de la théorie mécanique de la vie ont trop tendance à oublier : l'agriculteur qui les suivrait dans cette voie s'exposerait à des mécomptes.

Dès l'instant que chaque végétal peut réagir d'une façon différente vis-à-vis d'un milieu constant, on ne peut espérer obtenir des résultats identiques dans ce milieu, mais des résultats variables suivant les individus. Il ne saurait y avoir certitude mathématique là où se trouve une variable; les produits dans leur ensemble, pourront seulement se rapprocher plus ou moins d'un même résultat global.

J'ai supposé jusqu'ici que l'homme était réellement maître du milieu et qu'il pouvait par conséquent commander d'une façon absolue les conditions de vie ou les faire varier à son gré. Ce n'est pas le cas cependant, en grande culture du moins, car il lui faudrait être le maître de la météorologie dont il ignore les lois.

Pour ces raisons, l'Agriculture ne sera jamais une science exacte; elle restera une science d'approximation et présentera toujours une part de hasard. Ces restrictions faites, — et il était nécessaire de les faire, — il n'en est pas moins vrai que la connaissance des facteurs susceptibles d'imprimer en gros aux végétaux une direction donnée reste la base sur laquelle le cultivateur doit s'appuyer pour obtenir le maximum de rendement avec le minimum d'aléas. A ce titre les connaissances biologi-

ques lui rendront de grands services. Il ne doit jamais oublier que le fait le plus insignifiant en apparence, dès l'instant qu'il est bien observé, peut être l'origine d'une amélioration importante ou le point de départ d'une application nouvelle.

Dans les cas particuliers que j'ai envisagés ici, j'ai fait voir que les proportions relatives des parenchymes et des tissus ligneux secondaires, ainsi que la valeur quantitative et qualitative des contenus cellulaires, sont modifiables à des degrés divers par les conditions de vie. Ce fait a son intérêt pratique, car la valeur de la plupart des produits agricoles dépend de ces proportions et de la nature du contenu des parenchymes au moment de la récolte.

L'arboriculteur, par exemple, cherche à faire produire à nos arbres fruitiers du bois ou des parenchymes de réserve suivant qu'il veut développer leur charpente ou obtenir des fruits, suivant qu'il veut prolonger la durée de leur développement ou l'avancer. Le maraîcher qui utilise beaucoup de plantes à la phase de rosette évite la production des bois durs qui enlèveraient toute valeur à ses légumes; il s'arrange de façon à empêcher ceux-ci de monter et à prolonger ainsi la durée de leur stade utilitaire. Au contraire, le cultivateur qui cherche le fruit, la graine, le fourrage constitué à la fois par l'appareil végétatif aérien et l'appareil reproducteur, a intérêt à abrégier le développement et à favoriser l'apparition précoce du bois de fructification, etc.

Or j'ai montré qu'il y a certains procédés, certains facteurs qui, en provoquant des conditions spéciales de vie active ou de vie ralentie à des moments convenables, peuvent agir, sur la structure secondaire de certaines Dicotylédones cultivées et sur les relations existant normalement entre leurs diverses catégories de tissus. Par conséquent, on peut, par leur emploi rationnel, augmenter la valeur utilitaire de ces plantes comme on peut la diminuer si l'on n'y prend garde.

Je souhaite que, malgré ses imperfections et ses lacunes, mon travail, par les quelques précisions nouvelles qu'il apporte sur ces points, puisse être de quelque utilité pour l'Agriculture.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I

Fig. 1. — Racine de Pensée âgée d'un an. On voit seulement du bois de rosette. Le bois de fructification n'apparaît qu'à la fin de la végétation et reste peu développé. Grossissement 33.

Fig. 2. — Racine de *Valerianella olitoria* âgée d'un an. Le bois de rosette existe seul à ce moment, mais il est assez dur. Grossissement 34.

Fig. 3. — Racine de *Dianthus Armeria* âgée de deux ans. Les bois de rosette et de fructification sont tous les deux très nets, très distincts et sensiblement égaux. Le bois de fructification a une tendance à former des couches concentriques. Grossissement 35.

Fig. 4. — Racine de *Lactuca Scariola* âgée de deux ans. Le bois de rosette est très développé par rapport au bois de fructification qui est assez réduit. Grossissement 6.

PLANCHE II

Fig. 1. — Racine de *Lithospermum arvense*, au moment de la fructification. Le bois de fructification prédomine. Grossissement 36.

Fig. 2. — Racine de *Conium maculatum* au moment de la fructification. Les bois de rosette et de fructification sont sensiblement égaux comme développement. Grossissement 14.

Fig. 3. — *Daucus Carota*, racine à sa 1^{re} année. Le bois de rosette existe seul. Grossissement 17.

Fig. 4. — Racine d'un *Daucus Carota* en fruits. Les bois de rosette et de fructification sont très distincts. Grossissement 8.

PLANCHE III

Fig. 1. — Tige d'*Aristolochia longa* âgée de 3 ans. Les trois couches concentriques ne sont nettes que du côté dorsal de la coupe. Grossissement 15.

Fig. 2. — Rhizome d'*Epimedium alpinum* âgé de 5 ans. Les couches concentriques sont plus nettes dans les rayons médullaires que dans les compartiments ligneux. Grossissement 10.

Fig. 3. — Tige principale de Hêtre âgée de 6 ans. Les six couches concentriques sont nettes et plusieurs d'entre elles présentent des couches surnuméraires plus ou moins distinctes dues aux variations climatologiques des années correspondantes. Grossissement 9.

Fig. 4. — Branche longue de Hêtre âgée de 16 ans. Les couches concentriques sont rapprochées plus ou moins et quelques-unes sont difficiles à distinguer des couches surnuméraires produites par les variations du milieu extérieur. Grossissement 4.

PLANCHE IV

Fig. 1. — Rhizome de *Convolvulus Soldanella* âgé de 3 ans. Les flots de bois sont uniformes sans couches concentriques. Grossissement 21.

Fig. 2. — Racine de *Convolvulus arvensis* âgée de 3 ans. Les bois secondaires sont uniformes. Grossissement 18.

Fig. 3. — Racine de *Convolvulus arvensis* âgée de 6 ans. Les bois secondaires, plus irréguliers et plus développés, sont toujours uniformes. Grossissement 14.

Fig. 4. — Rhizome de *Convolvulus arvensis* âgé de 20 ans. Les bois, en anneau presque régulier, n'offrent pas de couches concentriques. Grossissement 10.

PLANCHE V

Fig. 1. — Racine de *Cirsium arvense* âgée de 2 ans. Les bois sont uniformes et l'endoderme est très visible. Grossissement 24.

Fig. 2. — Rhizome de *Sonchus arvensis* âgé de deux ans. Les bois sont rayonnants et uniformes. Grossissement 16.

Fig. 3. — Rhizome d'*Eryngium maritimum* âgé de 7 ans. Les bois sont rayonnants et se ramifient en V. Grossissement 5.

Fig. 4. — Racine d'*Eryngium campestre* âgée d'au moins 40 ans. Grossissement 4.

PLANCHE VI

Fig. 1. — Tige d'*Euphorbia grandidens*, d'âge élevé et venu en serre. Les couches concentriques sont peu nettes et en nombre inférieur à l'âge. Grossissement 15.

Fig. 2. — Tige d'*Euphorbia splendens*, d'âge élevé, venu en serre. On aperçoit deux couches concentriques. Grossissement 6.

Fig. 3. — Tige de *Portulaca afra* âgée d'au moins 50 ans. Remarquer l'analogie entre cette coupe et celle des *Eryngium* (pl. V) et un peu avec celles des *Medicago sativa* (pl. 13). Grossissement 7.

Fig. 4. — Tige de *Senecio scandens* âgée de 5 ans. Les couches concentriques sont à peine visibles. Grossissement 7.

PLANCHE VII

Fig. 1. — Tige de *Vaccinium Myrtillus* âgée de 8 ans. Les couches concentriques sont peu nettes et le bois particulier. Grossissement 37.

Fig. 2. — Tige d'*Oxyccocos macrocarpus* âgée de 8 ans, à couches concentriques peu visibles. Grossissement 44.

Fig. 3. — Tige de *Poterium Sanguisorba* âgée de 20 ans. Les couches concentriques, d'abord distinctes, finissent par se confondre. Grossissement 12.

Fig. 4. — Tige d'*Helianthemum vulgare* âgée de 12 ans. Les couches concentriques sont à peine visibles et le bois est très dur. Grossissement 24.

PLANCHE VIII

Fig. 1. — Tige marcottée d'*Hedera helix*, coupée au-dessus des racines adventives. Grossissement 12.

Fig. 2. — Tige marcottée d'*Hedera helix*, coupée au-dessous des racines adventives et reliant la marcotte au pied-mère. Grossissement 12.

Fig. 3. — Tige rampante de *Vinca major*, réunissant une marcotte naturelle au pied mère et âgée de 2 ans. Le bois de 2^e année est dur et en arc au voisinage de la partie marcottée. Grossissement 18.

Fig. 4. — Tige marcotte de *Rubus cassi* âgée de 2 ans. Le bois de 2^e année n'est pas visible. Grossissement 9.

PLANCHE IX

Fig. 1. — Rhizome de *Geum urbanum* âgé de 3 ans. Les couches concentriques y sont peu distinctes. Grossissement 6.

Fig. 2. — Tige de *Viola odorata* âgée de 4 ans. Les bois n'ont que des traces de couches concentriques. Grossissement 13.

Fig. 3. — Rhizome d'*Agrimonia Eupatoria*, âgé de six ans. Il possède des couches concentriques, mais le nombre de celles-ci est inférieur à l'âge. Grossissement 6.

Fig. 4. — Tige de *Globularia Salicina* âgée de 10 ans. Il y a des couches concentriques nettes, mais moins nombreuses que les années. Grossissement 14.

PLANCHE X

Fig. 1. — Tige de *Potentilla Fragariastrum* âgée de 10 ans. Grossissement 33.

Fig. 2. — Tige de *Potentilla Fragariastrum* âgée de 9 ans. Grossissement 25.

Fig. 3. — Tige de *Potentilla Fragariastrum* âgée de 6 ans. Grossissement 17.

Fig. 4. — Tige de *Potentilla Fragariastrum* âgée de 5 ans. Grossissement 18.

On remarquera que le nombre des couches concentriques varie suivant le niveau de la coupe et que des parties plus jeunes ont plus de ces arrêts que des parties âgées.

PLANCHE XI

Fig. 1. — Tige de *Gypsophila repens* âgée de 5 ans. Les bois sont ceux des Caryophyllées et offrent des traces de couches concentriques. Grossissement 13.

Fig. 2. — Tige très âgée de *Gypsophila repens*. Les couches concentriques sont plus visibles, le bois plus dur, mais ces couches n'ont pas de rapport exact avec l'âge. Grossissement 11.

Fig. 3. — Tige de *Phlox subulata* âgée de 8 ans. Les couches concentriques sont nombreuses et mal délimitées. Cette coupe passe au-dessus des racines adventives. Grossissement 23.

Fig. 4. — La même tige de *Phlox subulata* coupée dans la région inférieure aux racines adventives et restée à l'état de vie ralentie. Les couches y sont moins nombreuses quoique les deux parties soient de même âge. Grossissement 35.

PLANCHE XII

Fig. 1. — Tige de *Lippia repens* âgée de 10 ans. Les couches concentriques sont indistinctes. Grossissement 30.

Fig. 2. — Racine d'*Anthyllis Vulneraria* âgée de 15 ans. Les couches concentriques sont confuses et la dorsiventralité très prononcée. Grossissement 17.

Fig. 3. — Racine de *Galega officinalis* âgée de 5 ans. Bois de Légumineuse sans couches concentriques nettes. Grossissement 11.

Fig. 4. — Racine d'*Ononis reclinata* âgée de 10 ans. On voit trois couches concentriques assez nettes. Grossissement 12.

PLANCHE XIII

Fig. 1 — Rhizome de *Medicago sativa* âgé de 25 ans. Grossissement 7.

Fig. 2. — Rhizome de *Medicago sativa* âgé de 20 ans. Grossissement 9.

Fig. 3. — Racine de *Medicago sativa* âgée de 25 ans. Grossissement 6.

Fig. 4. — Racine de *Medicago sativa* âgée de 30 ans. Grossissement 6.

On remarquera l'analogie de disposition que présentent ces coupes

avec celles de certaines plantes grasses (*Portulaca*) et halophytes (*Eryngium*).

PLANCHE XIV

Fig. 1. — Rhizome de *Geranium sanguineum* âgé de 6 ans. Le bois présente des couches concentriques en nombre variable suivant les faisceaux. Grossissement 14.

Fig. 2. — Rhizome du même âgé de 12 ans. Les couches concentriques y sont moins nombreuses qu'à l'âge de 6 ans. Grossissement 12.

Fig. 3. — Rhizome de *Cirsium acaule* âgé de 6 ans. Grossissement 12.

Fig. 4. — Partie du même rhizome âgée de 8 ans. Grossissement 12.

Dans ces deux dernières coupes, les couches concentriques sont nombreuses, mais n'indiquent pas exactement l'âge.

PLANCHE XV

Fig. 1. — Rhizome de *Galeobdolon luteum* âgé de 18 ans. Les couches concentriques sont peu distinctes. Grossissement 35.

Fig. 2. — Le même dans la région âgée de 16 ans. Grossissement 35.

Fig. 3. — Le même dans la partie âgée de 7 ans. Grossissement 35.

Fig. 4. — Le même dans la région âgée de 4 ans. Grossissement 30.

L'on voit que les couches concentriques n'ont pas de rapport comme nombre avec celui des années vécues par la plante.

PLANCHE XVI

Fig. 1. — Rhizome de *Teucrium Scorodonia* âgé de 10 ans. Grossissement 6.

Fig. 2. — Le même âgé de 12 ans. Grossissement 7.

Fig. 3. — Racine de *Teucrium Scorodonia* âgée de 13 ans. Grossissement 10.

Fig. 4. — La même, 5 centimètres au-dessous de la précédente. Grossissement 14.

Les couches concentriques ne peuvent permettre la détermination exacte de l'âge.

PLANCHE XVII

Fig. 1. — Tige aérienne de *Teucrium Scorodonia* coupée près du sol. Elle est âgée de 4 ans et a 4 couches concentriques visibles. Grossissement 14.

Fig. 2. — La même tige coupée au voisinage des chicots de la plante mère, légèrement enfoncée dans le sol. Les couches concentri-

ques sont moins nettes et ne correspondent plus avec l'âge. Grossissement 23.

Fig. 3. — Tige aérienne de *Teucrium Scorodonia* âgée de 3 ans, coupée à sa base. Grossissement 14.

Fig. 4. — La même tige, dans sa partie âgée de 2 ans. Grossissement 22.

Les parties dressées ont des couches concentriques nettes, correspondant avec l'âge. Les tissus de soutien sont adaptés à l'état érigé de l'organe.

PLANCHE XVIII

Fig. 1. — Racine adventive de *Chelone glabra* âgée de 5 ans. Les bois n'ont pas de couches concentriques. Grossissement 32.

Fig. 2. — Rhizome de *Chelone glabra* âgé de 6 ans. Grossissement 18.

Fig. 3. — Le même, dans sa partie âgée de 5 ans. Grossissement 10.

Fig. 4. — Le même, dans la région âgée de 4 ans. Grossissement 15.

Dans le rhizome, aux divers âges, l'on trouve un anneau complet de bois dur, puis du bois rayonnant séparé par des rayons médullaires larges et nombreux.

PLANCHE XIX

Fig. 1. — Tige d'*Ulex europæus* âgée de 8 ans. Il n'y a pas de couches concentriques bien distinctes. Grossissement 10.

Fig. 2. — Tige aérienne d'*Alyssum saxatile* âgée de 6 ans. Les bois possèdent des îlots de fibres spéciales disposées en anneaux irréguliers. Grossissement 11.

Fig. 3. — La même tige dans la partie âgée de 3 ans. Grossissement 14.

Fig. 4. — Tige de *Vesicularia utriculata* âgée de 4 ans. Les bois présentent trois parties très différentes : la plus ancienne, très dure, est un bois de 1^{re} fructification ; la 2^e très tendre, est du bois de rosette ; la 3^e, dure et avec des sortes de couches concentriques, correspond au bois de fructification des trois dernières années. Cette structure est une conséquence de la végétation remontante à la fin de la 1^{re} année. Grossissement 15.

PLANCHE XXI

Fig. 1. — Tige couchée d'*Aubrietia purpurea* âgée de 8 ans. On y voit les bois de fructification et de rosette qui alternent pendant plusieurs années. Grossissement 35.

Fig. 2. — Rhizome de *Potentilla atrosanguinea* âgé de 4 ans, à bois rayonnants séparés par des rayons médullaires. Grossissement 5.

Fig. 3. — Tige aérienne de *Crithmum maritimum* âgée de 4 ans et ayant subi des alternances naturelles de sécheresse et d'humidité. Les bois sont différents et forment 3 couches successives. Grossissement 13.

Fig. 4. — La même tige âgée de 3 ans. Le bois est sensiblement uniforme. Grossissement 14.

PLANCHE XXII

Fig. 1. — Branche de *Caragana frutescens* âgée de 8 ans. Les couches concentriques, d'abord très distinctes, finissent par se confondre. Grossissement 9.

Fig. 2. — Branche reotmbante de *Gleditschia triacanthos* âgée de 10 ans. A partir de la 1^{re} année, les couches concentriques sont confuses. Grossissement 11.

Fig. 3. — Branche de *Spartium junceum* âgée de 6 ans. Les couches concentriques ne se distinguent pas. Grossissement 9.

Fig. 4. — Petite branche d'*Evonymus japonicus variegatus* âgée de 14 ans. Les couches concentriques sont inégales et souvent peu distinctes. Grossissement 23.

PLANCHE XXIII

Fig. 1. — Branche fruitière de Pommier à cidre âgée de 25 ans. Grossissement 11.

Fig. 2. — Petite branche fruitière d'*Acer Negundo* âgée de 8 ans. Grossissement 20.

Fig. 3. — Branche fruitière de Poirier âgée de 7 ans. Grossissement 10.

Fig. 4. — La même, dans sa partie âgée de 15 ans. Grossissement 7.

PLANCHE XXIV

Fig. 1. — Branche fruitière de Poirier âgée de 25 ans. Grossissement 7.

Fig. 2. — Petite branche de Hêtre âgée de 6 ans. Grossissement 36.

Fig. 3. — Petite branche de *Sorbus Aria* âgée de 19 ans. Grossissement 12.

Fig. 4. — Petite branche de Châtaignier âgée de 14 ans. Grossissement 18.

PLANCHE XXV

Fig. 1. — Petite branche d'*Æsculus hippocastanum* âgée de 50 ans. Grossissement 4.

Fig. 2. — Branche mixte de *Sorbus Aria* âgée de 20 ans. Grossissement 12.

Fig. 3. — Branche fruitière de Pommier âgée de 7 ans. Grossissement 17.

Fig. 4. — Branche fruitière de *Cytisus Laburnum* âgée de 5 ans. Grossissement 13.

PLANCHE XXVI

Fig. 1. — Epine de *Prunus spinosa*, portant deux petites ramifications du même côté qui ont donné deux arcs de bois très faibles. Grossissement 23.

Fig. 2. — Epine du Néflier de Bronvaux (hybride de greffe) âgée de 15 ans et portant de très courts rameaux. Le bois est presque homogène. Grossissement 28.

Fig. 3. — Epine de *Cratægus oxycantha* âgée de 8 ans et portant des rameaux à fleurs. On y voit des couches concentriques distinctes. Grossissement 30.

Fig. 4. — Epine de *Cydonia japonica* âgée de 7 ans et portant des rameaux à fleurs courts et irrégulièrement disposés suivant les années. Les bois formés sont en arc ou en anneau irrégulier. Grossissement 19.

PLANCHE XXVII

Fig. 1. — Epine de *Citrus trifoliata* âgée de 8 ans. Malgré l'absence de pousses feuillées, les bois présentent des sortes de couches concentriques. Grossissement 22.

Fig. 2. — Rameau épineux de *Colletia spinosa* âgé de 10 ans. Les bois sont uniformes et peu épais. Grossissement 23.

Fig. 3. — Racine d'*Argemone mexicana* âgée de 6 mois. Le bois présente des couches concentriques qui perdent de leur netteté avec l'âge. Grossissement 14.

Fig. 4. — Racine de *Papaver Rhæas* âgée de 6 mois. Grossissement 17.

PLANCHE XXVIII

Fig. 1. — Racine de *Cakile maritima* âgée de 8 mois. Grossissement 9.

Fig. 2. — Racine de *Sinapis alba* âgée de 6 mois. Grossissement 10.

Fig. 3. — Racine de *Sinapis nigra* en fruits. Grossissement 10.

Fig. 4. — Racine de *Sinapis nigra* au début de la ramification. Grossissement 19.

PLANCHE XXIX

Fig. 1. — Racine de *Lepidium sativum*, en fleurs, âgée de 3 mois. Grossissement 23.

Fig. 2. — Racine de *Capsella bursa pastoris* en fleurs. Grossissement 18.

Fig. 3. — Racine de *Senecio coronopus* en fruits. Grossissement 45.

Fig. 4. — Racine de *Senecio didyma* en fruits. Grossissement 18.

PLANCHE XXX

Fig. 1. — Racine de *Thlaspi arvense* en fleurs. Grossissement 19.

Fig. 2. — Racine de *Sinapis nigra* montant à fleurs. Grossissement 40.

Fig. 3. — Racine de *Lychnis Githago* en fleurs. Grossissement 22.

Fig. 4. — Racine de *Silene Armeria* âgée de 6 mois. Grossissement 40.

PLANCHE XXXI

Fig. 1. — Racine de *Malva mauritiana* âgée de 4 mois. Grossissement 20.

Fig. 2. — Racine d'*Hibiscus Trionum* âgée de 9 mois. Grossissement 23.

Fig. 3. — Racine de *Lavatera cretica* âgée de 3 mois. Grossissement 13.

Fig. 4. — Racine de *Lavatera trimestris* âgée de 3 mois. Grossissement 17.

PLANCHE XXXII

Fig. 1. — Racine de *Geranium molle* en fleurs. Grossissement 15.

Fig. 2. — Racine de *Geranium dissectum* en fleurs. Grossissement 20.

Fig. 3. — Racine de *Medicago lupulina* âgée de 9 mois. Grossissement 14.

Fig. 4. — Racine de *Medicago apiculata* âgée de 9 mois. Grossissement 33.

PLANCHE XXXIII

Fig. 1. — Racine de *Scandix Pecten Veneris* en fruits. Grossissement 20.

Fig. 2. — Racine de *Torilis nodosa* en fruits. Grossissement 17.

Fig. 3. — Racine de *Senecio vulgaris* en fruits. Grossissement 17.

Fig. 4. — Racine de *Madin sativa* en fruits. Grossissement 21.

PLANCHE XXXIV

- Fig. 1. — Racine de *Lycopsis arvensis* en fleurs. Grossissement 25.
Fig. 2. — Racine de *Borrage officinalis* au début de la ramification. Grossissement 14.
Fig. 3. — Racine d'*Omphalodes linifolia* âgée de 6 mois. Grossissement 36.
Fig. 4. — Racine de *Collomia grandiflora* âgée de 6 mois. Grossissement 34.

PLANCHE XXXV

- Fig. 1. — Coupe de l'axe hypocotylé du *Datura Stramonium*. Grossissement 18.
Fig. 2. — Racine de *Nicotiana tabacum* en fruits. Grossissement 12.
Fig. 3. — Racine de *Schizanthus pinnatus* âgée de 6 mois. Grossissement 38.
Fig. 4. — Racine d'*Euphorbia helioscopia* âgée de 6 mois. Grossissement 12.

PLANCHE XXXVI

- Fig. 1. — Racine de *Reseda luteola* âgée de 2 ans. Grossissement 13.
Fig. 2. — Racine de *Mercurialis annua* âgée de 8 mois. Grossissement 18.
Fig. 3. — Tige d'*Urtica pilulifera* âgée de 6 mois. Grossissement 10.
Fig. 4. — Racine d'*Urtica pilulifera* âgée de 6 mois. Grossissement 38.

PLANCHE XXXVII

- Fig. 1. — Racine d'*Enothera biennis* en graines âgée de 2 ans. Grossissement 12.
Fig. 2. — Racine de *Linaria bipartita* âgée de 6 mois. Grossissement 21.
Fig. 3. — Racine de *Lunaria biennis* montant à fleurs et âgée de 2 ans. Les bois sont de 3 sortes comme dans le *Vesicularia* remontant. Grossissement 11.
Fig. 4. — Racine de *Lunaria biennis* âgée d'un an, à la phase de rosette. Grossissement 10.

PLANCHE XXXVIII

- Fig. 1. — Tige d'*Ephedra distachya* âgée de 20 ans. Grossissement 14.
Fig. 2. — Racine d'*Althaea rosea* âgée de 4 mois. Grossissement 24.

Fig. 3. — Racine de *Lavatera arborea* âgée de 4 mois. Grossissement 14.

Fig. 4. — Racine de *Sison Amomum* âgée de 3 ans. Grossissement 10.

PLANCHE XXXIX

Fig. 1. — Tige de *Digitalis purpurea* coupée au niveau de la rosette. Grossissement 7.

Fig. 2. — Tige de *Digitalis purpurea* coupée à un niveau plus élevé dans la rosette. Grossissement 9.

Fig. 3. — Racine de *Digitalis purpurea* en fleurs. Grossissement 8.

Fig. 4. — Racine de *Lychnis dioica* âgée de 2 ans. Grossissement 10.

PLANCHE XL

Fig. 1. — Tige de *Plantago coronopus* âgée d'un an. Grossissement 9.

Fig. 2. — Racine de *Plantago coronopus* du même pied. Grossissement 14.

Fig. 3. — Racine de *Plantago coronopus* d'un autre pied, avec des bois de rosette et de fructification alternants (pied vivace). Grossissement 18.

Fig. 4. — Racine de *Verbascum Lychnitis* âgée de 9 mois. Les couches concentriques, peu nettes dans cet exemplaire, sont plus distinctes dans d'autres. Grossissement 12.

PLANCHE XLI

Fig. 1. — Racine de *Verbascum Blattaria* âgée de 9 mois. Grossissement 9.

Fig. 2. — Racine de *Verbascum Blattaria*, pied devenu annuel et ayant fleuri l'année du semis. Grossissement 14.

Fig. 3. — Racine de *Pedicularis palustris* âgée de 2 ans, coupée non loin du collet, au-dessus de la dérivation radiculaire. Grossissement 14.

Fig. 3. — Coupe de la même racine, tout près du sympode radiculaire. Le bois de rosette est très réduit par nécrose. Grossissement 18.

PLANCHE XLII

Fig. 1. — Racine de *Verbena officinalis* âgée d'un an, avec bois dur à l'intérieur et bois différent à l'extérieur en deux couches nettes. Grossissement 24.

Fig. 2. — Tige d'*Urtica dioica* âgée de 4 ans. Grossissement 10.

Fig. 3. — Racine de *Raphanus sativus* ayant remonté. Grossissement 6.

Fig. 4. — Racine d'*Andryala sinuata* remontant. Grossissement 10.

PLANCHE XLIII

Fig. 1. — Racine de *Malva crispa* remontant. Grossissement 17.

Fig. 2. — Racine d'*Oenothera biennis* à bois de rosette à l'extérieur (inversion de la structure normale). Grossissement 9.

Fig. 3. — Tige d'*Arctotis grandis* ayant subi des alternances de sécheresse et d'humidité, avec éclaircissement des semis. Grossissement 8.

Fig. 4. — Racine de *Dianthus Armeria* annuel. Grossissement 13

PLANCHE XLIV

Fig. 1. — Racine de *Sysimbrium austriacum* remontant. Grossissement 11.

Fig. 2. — Tige du même pied au-dessous de la rosette supérieure. Grossissement 28.

Fig. 3. — Axe hypocotylé du *Sysimbrium austriacum* âgé d'un an. Grossissement 19.

Fig. 4. — Tige de *Phacelia bipinnatifida* remontant. Grossissement 30.

PLANCHE XLV

Fig. 1. — Tige sujet d'*Evonymus japonicus variegatus* ayant été greffée avec l'*Evonymus pulchellus*. Grossissement 17.

Fig. — 2. — Racine de *Malva rotundifolia* âgée de 9 mois. Grossissement 6.

Fig. 3. — Racine de *Malva rotundifolia* âgée de 9 mois, provenant d'un pied ayant subi deux décapitations espacées. Grossissement 4.

Fig. 4. — Racine de *Malva crispa* provenant d'un pied greffé sur lui-même. Grossissement 4.

PLANCHE XLVI

Fig. 1. — Coupe du sujet de *Godetia rubicunda* greffé sur lui-même. Grossissement 15.

Fig. 2. — Racine de *Trifolium incarnatum* décapité. Grossissement 35

Fig. 3. — Racine de *Chrysanthemum segetum* décapité. Grossissement 23.

Fig. 4. — Racine de *Lamprana communis* décapité tardivement. Grossissement 22.

PLANCHE XLVII

Fig. 1. — Racine de Laitue d'hiver en fleurs, décapitée et ayant donné 3 rameaux réparateurs inégaux. Grossissement 5.

Fig. 2. — Tige greffon de *Solanum glaucophyllum* placée sur Tomate. Grossissement 6.

Fig. 3. — Racine de *Raphanus sativus* attaquée par des larves d'Insectes. Grossissement 12.

Fig. 4. — Tige rampante de *Comarum palustre* ayant subi des alternances d'arrosages et de sécheresse. Grossissement 14.

PLANCHE XLVIII

Fig. 1. — Tige d'*Heliotropium peruvianum* ayant subi des alternances d'arrosages et de sécheresse. Grossissement 10. — Par suite d'une erreur d'impression, cette plante est désignée sur la planche sous le nom d'*H. europæum*.

Fig. 2. — Tige d'*Ageratum conyzoides* ayant subi des alternances d'arrosages et de sécheresse. Grossissement 9.

Fig. 3. — Tige de *Coleus Verschaffelti*, variété blanc jaunâtre, ayant subi des alternances d'arrosages et de sécheresse. Grossissement 7.

Fig. 4. — Tige de *Coleus Verschaffelti*, variété rouge brunâtre, ayant subi des arrosages intermittents suivis de sécheresse. Grossissement 8.

PLANCHE XLIX

Fig. 1. — Tige d'*Achyranthes Verschaffelti* ayant subi des arrosages intermittents suivis de sécheresse. Grossissement 10.

Fig. 2. — Tige de *Pelargonium zonale* ayant subi des alternances de sécheresse et d'humidité. Grossissement 5.

Fig. 3. — Racine de *Retinospora* soumis à la culture japonaise. Grossissement 10.

Fig. 4. — Tige de la même plante près d'une courbure horizontale. Grossissement 17.

PLANCHE L

Fig. 1. — Tige souterraine de Vipérine enterrée ayant rétabli le niveau normal de sa rosette. Grossissement 14.

Fig. 2. — Racine de Vipérine enterrée ayant donné la tige à rosette précédente et une faible tige florale. Grossissement 14.

Fig. 3. — Racine de Vipérine enterrée ayant donné une tige florale faible après rétablissement préliminaire du niveau de la rosette. Grossissement 13.

Fig. 4. — Racine de Vipérine au voisinage du collet de la plante de 2 ans. Grossissement 12.

PLANCHE LI

Fig. 1. — Racine normale de Vipérine âgée d'un an. Grossissement 18.

Fig. 2. — Racine de Vipérine enterrée âgée de 2 ans. Grossissement 16.

Fig. 3. — Racine d'un pied vivace de Vipérine. Grossissement 8.

Fig. 4. — Tige de *Dirca palustris* ayant souffert de l'acclimatation à une station différente de sa station normale. Grossissement 18.

PLANCHE LII

Fig. 1. — Tige rampante d'*Obione portulacoides* coupée au-dessus de la dérivation radiculaire (sympode mixte). Grossissement 37.

Fig. 2. — La même tige coupée au-dessous de la dérivation dans la partie restée à l'état de vie ralentie. Grossissement 37.

Fig. 3. — Coupe d'une tige d'Aubergine ayant servi de sujet à une Tomate. Grossissement 11.

Fig. 4. — Coupe d'une tige de Tomate sujet d'Aubergine. Grossissement 7.

PLANCHE LIII

Fig. 1. — Coupe de Vigne (1202 Couderc) ayant subi une décapitation précoce. Grossissement 10.

Fig. 2. — Tige de la même Vigne ayant subi une décapitation précoce, puis une décapitation tardive. Grossissement 12.

Fig. 3. — Tige de Vigne (24-23 Baco) ayant subi deux décapitations rapprochées. Grossissement 8.

Fig. 4. — Tige de la même Vigne ayant subi une seule décapitation précoce. Grossissement 10.

PLANCHE LIV

Fig. 1. — Racine du Haricot de Soissons annuel. Grossissement 12.

Fig. 2. — Racine du Haricot de Soissons vivace. Grossissement 4.

Fig. 3. — Tige de *Scorpiurus* remontante et dressée. Grossissement 35.

Fig. 4. — Partie de la même tige ayant fourni la partie représentée fig. 3, qui est un rameau remontant. Grossissement 25.

PLANCHE LV

Fig. 1. — Tige remontante par deux rosettes chez le *Vesicularia utriculata*, coupée à la base. Grossissement 20.

Fig. 2. — Coupe de la même tige au-dessous de deux rosettes voisines. Grossissement 20.

Fig. 3. — Coupe de la même tige au-dessous de la rosette supérieure. Grossissement 35.

Fig. 4. — Racine âgée de *Scorzonera hispanica* au moment où, ayant fructifié, elle est vide de réserves. Grossissement 9.

PLANCHE LVI

Fig. 1. — Jeune Scion de Pommier âgé de deux ans ayant porté un greffon resté à l'état de vie ralentie par mise à l'ombre. Grossissement 5.

Fig. 2. — Jeune Scion de Pommier de deux ans ayant porté un greffon se développant normalement à la lumière. Grossissement 3.

Fig. 3. — Racine de Laitue d'hiver à rosette gelée au début du printemps, mais dont la tige principale a fleuri. Grossissement 7.

Fig. 4. — Tige dressée, rendue rampante, du *Pachysandra procumbens*, âgée de 8 ans. Grossissement 18.



BIBLIOGRAPHIE

1. MALPIGHI. — *Anatomia plantarum*, London, 1675.
2. GREW. — *Anatomie des plantes*, Paris, 1675.
3. LA HIRE. — *Mémoires de l'Académie des Sciences pour 1708*, p. 231-235.
4. AGARDH. — *Essai sur le développement intérieur des plantes*, Lund, 1829.
5. GAUDICHAUD. — *Recherches sur l'organographie des végétaux*, 1841, etc.
6. PLIN. — *Histoire naturelle*, t. I. liv. XVI, 5.
7. MONTAIGNE. — *Voyage en Italie*, 1628.
8. ABANSON. — *Familles des Plantes*, 1763.
9. DUHAMEL DU MONCEAU. — *Physique des arbres*, Paris, 1768.
10. DESFONTAINES. — *Mémoire sur l'organisation des Monocotylédones ou plantes à une feuille séminale*. (Mémoires de l'Institut, t. I. au VI, p. 473).
11. LLOYD. — *Flore de l'Ouest de la France*, dernière édition, Nantes, 1897.
12. Voir les travaux de KIESER, MOLDAVEN, LINK, Hugo MOHL, Ad. BRONGNIART, LINDLEY, RICHARD, etc.
13. GAUDICHAUD. — Travaux divers dans les Archives de Botanique, 1833 et *Recherches sur l'Organographie des végétaux* 1841. Voir aussi NEGELI, *Dickenwachstungen des Stengels bei den Sapindaceen*, 1864.
14. Consulter BUREAU, *Monographie des Bignoniacées*, 1864.
15. Voir DE JUSSIEU, *Monographie des Malpighiacées* (Ann. du Muséum, 1843).
16. DECAISNE. — *Mémoire sur les Lardizabalées* (Archives du Muséum I, 1839).
17. RICHARD. — *Nouveaux éléments de Botanique*, 6^e édition, 1838.
18. A.-P. DE CANDOLLE. — *Physiologie végétale*, t. II p. 974, Paris, 1832.

19. OTTO. — *Journal des Forêts*, in de Candolle (18).
20. KNIGHT. — *Philosop. Transact.* 1803, p. 277.
21. KRABBE. — *Berlin, Akad.*, 1882.
22. DUTROCHET. — *Mémoires pour servir à l'Histoire anatomique de l'homme et des animaux*, t. I, p. 231, Paris, 1837.
23. A. DE JUSSIEU. — *Cours élémentaire d'Histoire naturelle, Botanique*, Paris, 1850.
24. VOIR DE BARY, *Vergleichende Anatomie*, 1877.
25. HABERLANDT, *Physiologische Pflanzenanatomie*, Leipzig, 1896.
26. VAN TIEGHEM. — *Traité de Botanique*, Paris, 1891.
27. BONNIER et LECLERC DU SABLON. — *Cours de Botanique*, Paris, 1901.
28. CHODAT. — *Principes de Botanique*, Paris, 1911.
29. Gaston BONNIER. — *Cours de Botanique*, p. 196 et p. 752-756.
30. CITERNE. — *Berbéridées et Erythrospermées*, Paris, 1892.
31. PAVILLARD. — *Eléments de Biologie végétale*, Paris, 1901.
32. GENEAU DE LAMARLIÈRE. — *Recherches sur les Ombellifères*, Paris, 1892.
33. JONSSON. — *Beitrag z. Kenntniss d. Dickenwachsthum der Rhodophycen*, 1891.
34. SOLEREDER. — *Systematischer Werth der Holzstruktur*, 1885 ; SCHRENCK, *Beiträge zur Anatomie und Biologie der Lianen*, Iéna, 1893.
35. CHODAT. — *Contribution à l'étude des anomalies du bois*, Gênes, 1892.
36. ROULET. — *Anatomie comparée du genre Thunbergia*, 1894.
37. PERROT. — *Le tissu criblé*, 1899 et *Anatomie comparée des Gentianacées*, Paris, 1899.
38. FRON. — *Recherches anatomiques sur la tige et la racine des Chénopodiacées*, Paris, 1899, etc.
39. VIRET. — *Contribution à l'étude des liaisons du phloème médullaire, périmédullaire et interligneux avec le liber normal*, Genève, 1904.
40. DEBRAY. — *Etude comparative des caractères anatomiques et du parcours des faisceaux fibro-vasculaires des Pipéracées*, 1886.
41. HOULBERT. — *Recherches sur la structure comparée du bois secondaire des Apétales*, Paris, 1893.
42. SCHWARTZ. — *Phys. Unters. von Pinus sylvestris*, 1899.

43. R. HARTIG. — *Centralblatt f. d. gesammte Fortswesen*, 1899.
44. GEBEL. — *Organographie*, 1898, et *Enleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen*, 1908.
- 45 et 46. Voir : FRANCK, *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1873-1874 et PICK, *Botan. Centralblatt*, 1882, pour l'éclaircissement; la thèse de RICOME, pour la pesanteur; G. BONNIER, *Sur la différenciation des tissus vasculaires de la feuille et de la tige* (C. R. 1900), pour la disposition des feuilles; les travaux de JACCARD, sur la structure des racines hypertendues et de MOLLIARD, sur les effets anatomiques de la compression des racines, in *Revue générale de Botanique*, 1914, etc.
47. Lucien DANIEL. — *La variation dans la greffe et l'hérédité des caractères acquis*, 1898.
48. WARMING. — *Lehrbuch der (Ekologischen Pflanzen)geographie*, Berlin, 1902.
49. ROYER. — *Flore de la Côte-d'Or*, Paris, 1883.
50. COSTANTIN. — *Etude comparée des tiges aériennes et souterraines des Dicotylédones*, Paris, 1883.
51. SAUVAGEAU. — *Sur les feuilles de quelques Monocotylédones aquatiques*, Paris, 1891.
52. MAIGE. — *Recherches biologiques sur les plantes rampantes*, Paris, 1900. — Voir aussi KERNER VON MARILAUM, *Pflanzenleben*, 1888.
53. LÉGER. — *Recherches sur l'appareil végétatif des Papavéracées et des Fumariacées*, 1895. — Voir aussi JOST, *Die Zerklüftung einigen Rhizome und Wurzeln* (Bot. Zeitung, 1890), pour les fenestrations, etc.
54. Jean DANIEL. — *Sur les rapports existant entre l'anatomie végétale et l'écologie* (Revue bretonne de Botanique, 1914).
55. PFEFFER. — *Physiologie végétale*, traduction Friedel, Paris, 1906-1912.
56. Lucien DANIEL. — *La théorie des Capacités fonctionnelles*, 1902; *Physiologie végétale appliquée à l'arboriculture*, Rennes, 1902.
57. Lucien DANIEL. — *Comparaison anatomique entre le greffage, le pincement et la décortication annulaire* (C. R. de l'Académie des Sciences, 1901). La *Revue Horticole* (1901), en analysant cette note, a attribué, par un *lapsus calami* de son rédacteur, la paternité de ces recherches expérimentales et la découverte de la formule $n+1$ à Léon GUIGNARD. Cette confusion doit être relevée ici pour éviter tout malentendu, et il est facile de vérifier en remontant aux comptes rendus de 1901.
58. FRON. — *Recherches anatomiques sur la racine et la tige des Cénopodiacées*, Paris, 1899.

59. HÉRAÏL. — *Etude de la tige des Dicotylédones*, 1885.
60. J. DANIEL. — *L'âge des Dicotylédones et le nombre des cernes de leurs bois secondaires* (Revue bret. de Bot., 1913-1914).
61. COSTANTIN in BONNIER. — *Remarques sur le développement et la structure des rhizomes d'Anemone nemorosa*. (Bull. de la Soc. bot. de France, 1885).
62. Gaston BONNIER. — *Observations sur les Renonculacées de la Flore de France* (Revue générale de Botanique, 1889).
63. GAUCHER. — *Recherches anatomiques sur les Euphorbiacées*, Paris, 1902.
64. LESAGE. — *Influence du bord de la mer sur la structure des feuilles*, Rennes, 1890; *Sur les caractères des plantes arrosées à l'eau salée*, Paris, 1911, etc.
65. GRAVIS. — *Recherches anatomiques sur les organes végétatifs de l'Urtica dioica*, 1882. Voir aussi : FUGAIRON. — *Recherches anatomiques sur le groupe des Urticées*, Toulouse, 1879.
66. GOUMY. — *Recherches sur les bourgeons des arbres fruitiers*, Paris, 1904.
67. LHÔTELIER. — *Recherches anatomiques sur les épines et les aiguillons des plantes*, etc. Paris, 1893.
68. GAIN. — *Introduction à l'étude des régions florales*, Nancy, 1908.
69. CHALON. — *Notes de Botanique expérimentale*, Namur, 1901.
70. TIZON. — *Les traces foliaires des Conifères dans leur rapport avec l'épaississement de la tige*, Caen, 1903.
71. LOPRIORE et BUSCALIONI. — *Il pleroma tubuloso, l'endoderme midollare, la frammentazione stelare e la Schizorrizia nelle radici della Phœnix dactylifera L.*, Catane, 1909. — Voir aussi les travaux antérieurs de LOPRIORE, sur les racines fasciées.
72. TSCHUDI. — *Essai sur la greffe de l'herbe*, Paris, sans date, et THOUIN. — *Monographie des greffes*, Paris, 1821.
73. Lucien DANIEL. — *Classification rationnelle des Symbioses* (Revue générale de Botanique, t. XXV bis, 1914).
74. Noël BERNARD. — *Etudes sur la tubérisation*, Paris, 1901, etc.
75. BERGSON. — *L'évolution créatrice*, Paris, 1913.
76. LOEB. — *The Dynamics of living matter*, New-York, 1906.



TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION.....	9
HISTORIQUE.....	11

PREMIÈRE PARTIE

Rapports de l'anatomie et de l'écologie chez les plantes venues dans les conditions normales de végétation.....	29
---	----

PREMIER GROUPE. — Plantes herbacées.....	32
--	----

I. — <i>Plantes aquatiques ou palustres</i>	33
1. Plantes aquatiques par la racine et aériennes par une partie variable de la tige.....	34
2. Plantes des bords des eaux.....	35
3. Plantes palustres.....	36
II. — <i>Plantes terrestres et aériennes</i>	46
A) Plantes grasses.....	48
B) Plantes herbacées ordinaires.....	55
1. Plantes monocarpiques.....	55
2. Plantes polycarpiques.....	73
a) Structures simples.....	76
b) Structures complexes.....	83

DEUXIÈME GROUPE. — Végétaux ligneux.....	118
--	-----

A. — POIRIER ET ARBRES A BOURSES FRUITIÈRES.....	118
I. — <i>Morphologie externe du Poirier</i>	118
II. — <i>Structure anatomique des diverses ramifications du Poirier</i>	131
A) Branches de première année.....	131
1. Branches à croissance très longtemps indéfinie ou branches à bois ...	131
2. Branches à fruits.....	133

	Pages
B) Branches de plusieurs années.....	135
1. Tronc.....	135
2. Branches	136
a) Branche longue à bois.....	136
b) Petites branches à bois de courte durée.....	137
c) Branches longues mixtes.....	138
d) Petites branches épinées.....	138
e) Petites branches exclusivement fruitières et de durée plus ou moins courte.....	139
<i>III. — Morphologie interne de quelques autres arbres à bourses fruitières ou à épinées.....</i>	<i>147</i>
B. — HÊTRE ET ARBRES SANS BOURSES FRUITIÈRES	156
I. — Morphologie externe du Hêtre	156
II. — Structure anatomique des diverses ramifications du Hêtre.....	159
Branche longue de 6 ans.....	159
Branche courte de 6 ans.....	163
Branche longue de 16 ans.....	165
Branche courte de 16 ans.....	165
Comparaison entre la branche longue et la branche courte.....	169
Branches mixtes.....	174
III. — Branches diverses de quelques autres arbres.....	179
Charme.....	180
Bouleau.....	182
Châtaignier.....	183
Erable panaché.....	186
Frêne.....	187
Marionnier.....	188
Noyer.....	190
Légumineuses arborescentes	191
Conifères.....	192
Ginkgo.....	193
Cèdre.....	196
Comparaison entre les branches courtes des divers arbres	196
Comparaison entre les branches courtes et les branches longues.....	197
IV. — Structure des racines de quelques arbres	199
Peupliers.....	200
Prunier, Robinier, Ailanthé.....	202
V. — Structure secondaire des feuilles.....	204

DEUXIÈME PARTIE

Anatomie expérimentale..... 207

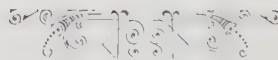
PREMIER GROUPE. — Variations de structure causées par les changements du milieu extérieur..... 211

<i>I. — Cultures en lumière atténuée.....</i>	<i>212</i>
A) Arbres et arbustes.....	212
1. Pommier.....	213
2. Lilas.....	218
B) Plantes herbacées.....	220
1. Plantes restant monocarpiques.....	221
a) Plantes monocarpiques conservant leur développement normal...	221
b) Plantes à développement condensé.....	225
2. Plantes monocarpiques devenant polycarpiques.....	228
a) Plantes remontantes à bois de remonte distinct du bois de première fructification.....	229
1 ^{er} Cas. — Les bois de remonte et de fructification se ressemblent...	230
2 ^e Cas. — Les bois de remonte et de fructification sont de nature différente.....	233
b) Plantes remontantes chez lesquelles le bois de remonte ne se distingue pas du bois de première végétation.....	237
1 ^{er} Cas. — Les bois de remonte forment un dos visible.....	237
2 ^e Cas. — Les bois de remonte ne se distinguent pas du tout du bois de fructification.....	241
<i>II. — Variations du régime de l'eau.....</i>	<i>242</i>
A) Humidité et sécheresse alternantes.....	244
B) Acclimatation et adaptation.....	252
1. Changement de climat et de station.....	252
2. Modifications du régime de l'eau par tuteurage et courbures diverses..	256
a) Fraisier.....	256
b) <i>Pachysandra procumbens</i>	259
c) Arbres japonais.....	260
3. Modifications produites par le changement de niveau des organes souterrains de la plante.....	262
4. Action du vent.....	266

DEUXIÈME GROUPE. — Variations de structure causées par les mutilations du tissu conducteur ligneux..... 268

I. — Décapitation effectuée pendant la vie active de la plante..... 269

	Pages
A) Arbres, arbrisseaux et arbustes sarmenteux.	269
1. Arbres et arbrisseaux.	269
2. Arbustes sarmenteux.	270
a) Décapitation de la Vigne à l'état de vie active	271
b) Décapitation du Menispermum.	272
B) Plantes herbacées.	273
1. Plantes ne donnant pas de rosette après décapitation.	273
a) La décapitation provoque la formation de couches concentriques supplémentaires.	273
b) Il ne se forme pas de couches concentriques surnuméraires après la décapitation.	277
2. Plantes à rameaux réparateurs en rosette.	278
a) Formation de couches de régénération distinctes après décapitation	279
b) La décapitation n'entraîne pas la formation de bois de régénération distincts.	284
II. — <i>Elagage</i>	286
III. — <i>Greffage</i>	288
1. Greffage de la plante sur elle-même.	289
2. Greffage entre variétés ou races d'une même espèce.	290
a) Greffes sur jeunes scions de Pommier.	290
b) Greffes entre deux variétés de Fusains du Japon.	293
c) Greffes de Solanées diverses	294
d) Formation par greffe d'une race de Haricots vivaces.	295
CONCLUSIONS GÉNÉRALES.	299
EXPLICATION DES PLANCHES.	325
BIBLIOGRAPHIE.	341
TABLE DES MATIÈRES.	345
Errata.	349



ERRATA

Page 19, ligne 2, lire « concentriques » au lieu de « concontriques ».

Page 21, ligne 10, placer un point et virgule après concentrique.

Page 22, lignes 9 et 10, lire « Mamillaire ».

Page 50, ligne 5, lire « 2^o *Plantes grasses exotiques*. — Tout aussi... » etc.
(Titre oublié).

Page 72, ligne 30, lire « *Arctotis* » et non « *Artotis* ».

Page 73, ligne 15, lire « anomalie » et non « anamolie » ; ligne 20, lire « formée de bois tendre » et non « du bois tendre ».

Page 114, ligne 12, lire « radial » et non « radical ».

Page 137, ligne 11, lire « Tant que la branche longue pousse à bois » et non « poussant à bois ».

Page 164, ligne 6, mettre un point et virgule après le mot « ovale ».

Page 191, ligne 3, lire « *Caragana*, etc., ne le sont plus chez l'Ajonc, le Genêt, etc. ; ou bien si, comme l'a prétendu Chalon, . . . »

Page 210, ligne 7, lire « des rythmes » et non « de rythmes ».

Page 221, ligne 12, lire « considérablement avancée ou retardée » et non « abrégée ou retardée ».

Page 222, ligne 24, lire « exemplaire » et non « exemplaires ».

Page 224, ligne 24, lire « Imitant la nature et effectuant une sélection artificielle, j'ai pratiqué... ».

Page 252, ligne 35, lire « devenues » et non « devenus ».

Page 255, lignes 15 et 16, lire « bois de rosette » au lieu de « bois de fructification ».

Page 300, ligne 5, lire « Mamillaires ».

Page 320, ligne 29, lire « ils en souffrent » et non « elles en souffrent »

Page 321, à la fin de la note (**), lire « l'adaptation » et non « l'adaption » ;
et à la ligne suivante lire « l'influence des conditions de vie conserverait encore
un sérieux intérêt agricole ».

Je prie le lecteur de bien vouloir excuser ces fautes d'impression et celles que j'ai pu laisser par ailleurs. Elles ne m'auraient sans doute pas échappé si, au lieu de faire les corrections des épreuves dans les tranchées, souvent au son du canon, je les avais faites dans le silence du laboratoire.

Hurlus, le 21 septembre 1915.

Lieutenant JEAN DANIEL.



DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

QUESTION DE GÉOLOGIE. — Les Dinosauriens.

QUESTION DE ZOOLOGIE. — La Parthénogénèse.

VU ET APPROUVÉ, PARIS, LE 1^{er} JUIN 1915.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

P. APPEL.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER, PARIS, LE 1^{er} JUIN 1915.

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

L. LIARD.

Rennes. — Imp. des Arts et Manufactures.

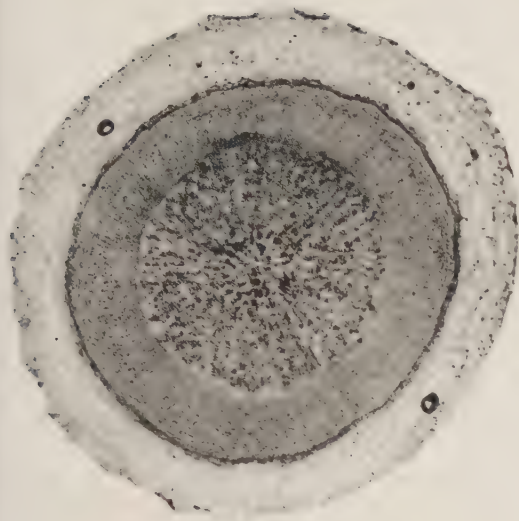


FIG. 1. Racine de Pensée, d'un an.



FIG. 2. Racine de Valeriana olitoria, d'un an.

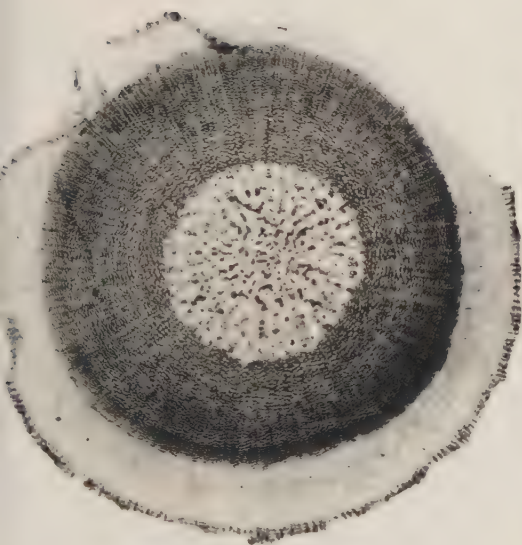


FIG. 3. Racine de Dianthus Armeria, de deux ans.



FIG. 4. Racine de Lactuca Scariola, de deux ans.



FIG. 1. Racine de *Lithospermum arvense*,
de un an.

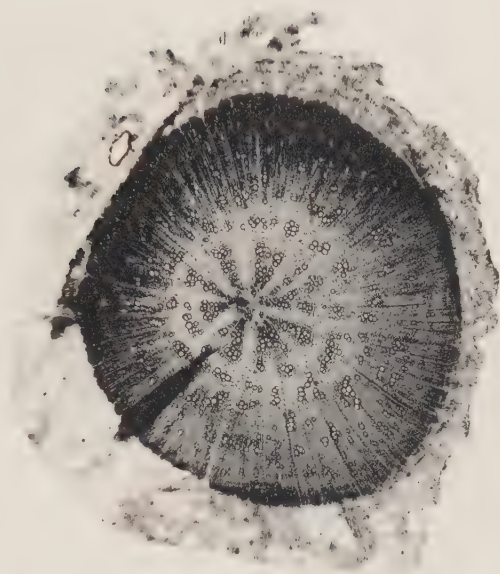


FIG. 2. Racine de *Conium maculatum*,
de deux ans.



FIG. 3, *Daucus Carota*, un an.
Axe hypocotylé.



FIG. 4. *Daucus Carota*. Racine de deux ans.



FIG. 1. *Aristolochia longa*. Tige de trois ans.

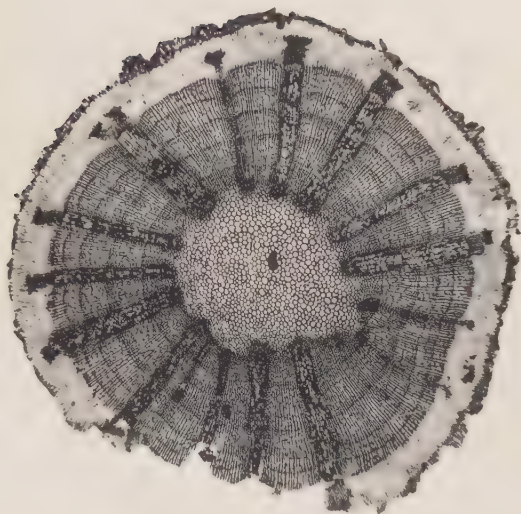


FIG. 2. *Epimedium alpinum*.
Rhizome de cinq ans



FIG. 3. *Fagus sylvatica*.
Branche principale de six ans.

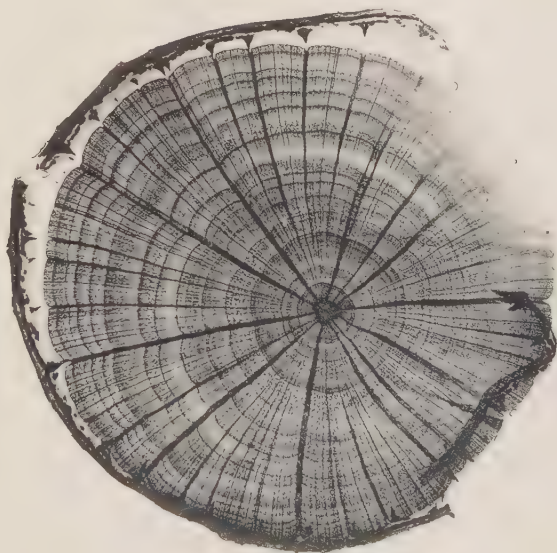


FIG. 4. *Fagus sylvatica*.
Branche longue de seize ans.

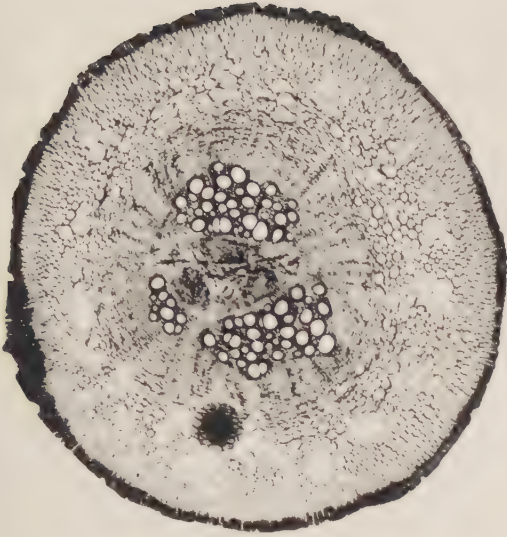


FIG. 1. *Convolvulus Soldanella*.
Rhizome de trois ans.



FIG. 2. *Convolvulus arvensis*.
Racine de trois ans.

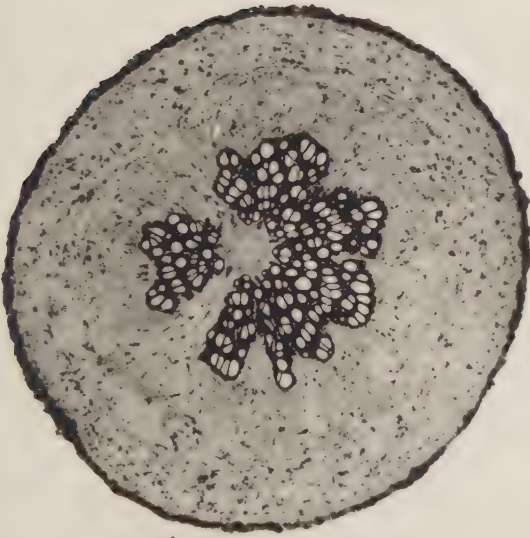


FIG. 3. *Convolvulus arvensis*.
Racine de six ans.

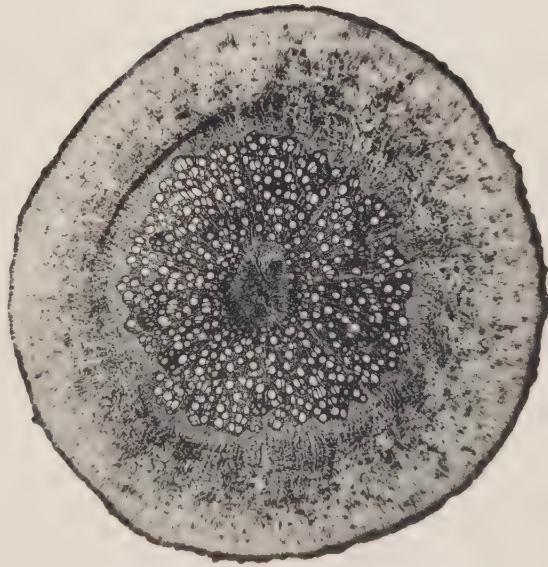


FIG. 4. *Convolvulus arvensis*.
Rhizome de vingt ans.

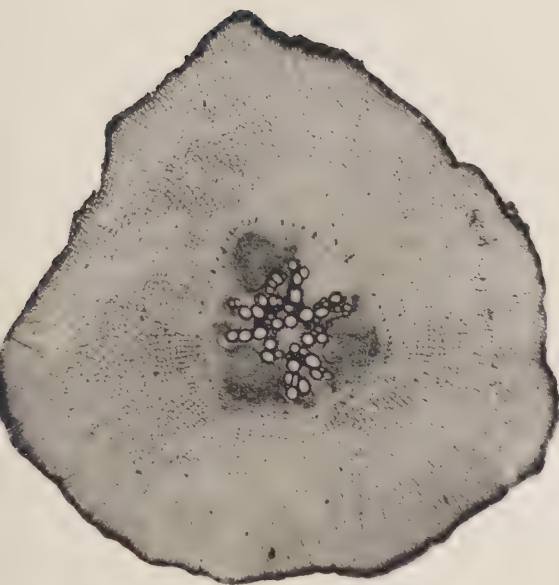


FIG. 1. *Cirsium arvense*.
Racine de deux ans.



FIG. 2. *Sonchus arvensis*.
Rhizome de deux ans.



FIG. 3. *Eryngium maritimum*.
Rhizome de sept ans.

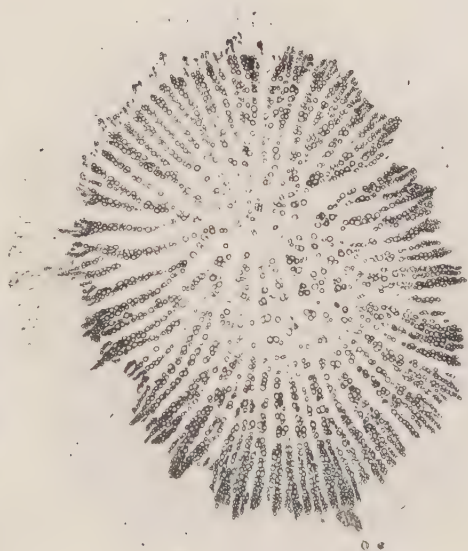


FIG. 4. *Eryngium campestre*.
Racine de quarante ans.



FIG. 1. *Euphorbia grandidens* (Serre).
Age élevé (50 ans au moins).

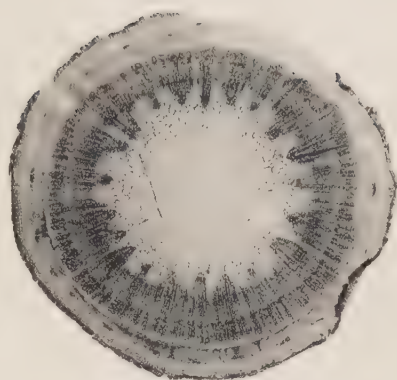


FIG. 2. *Euphorbia splendens* (Serre).
Age élevé (50 ans au moins).



FIG. 3. *Portulaca afra* (Serre).
Age élevé (50 ans au moins)

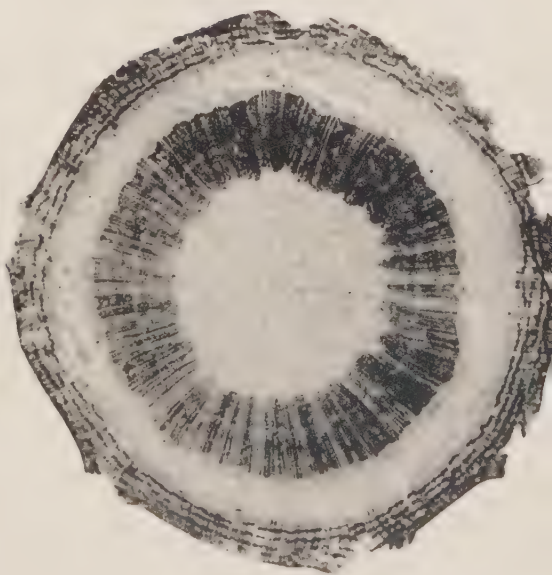


FIG. 4. *Senecio scandens* (Serre).
Tige de cinq ans,

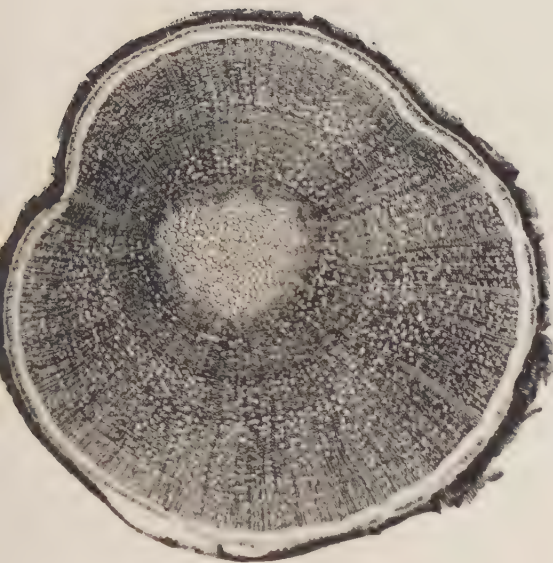


FIG. 1. *Vaccinium Myrtillus*.
Tige de huit ans.

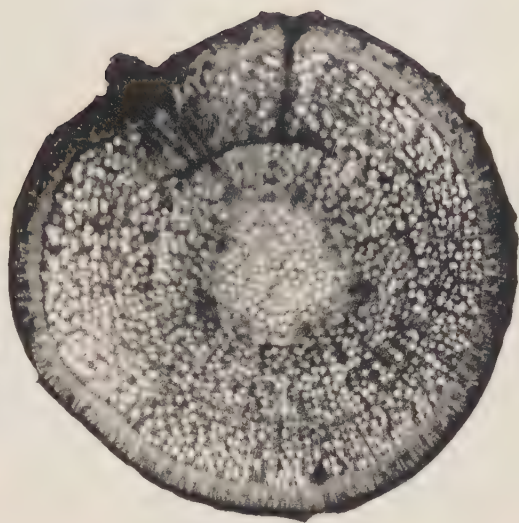


FIG. 2. *Oxycoecos macrocarpus*.
Tige de huit ans.

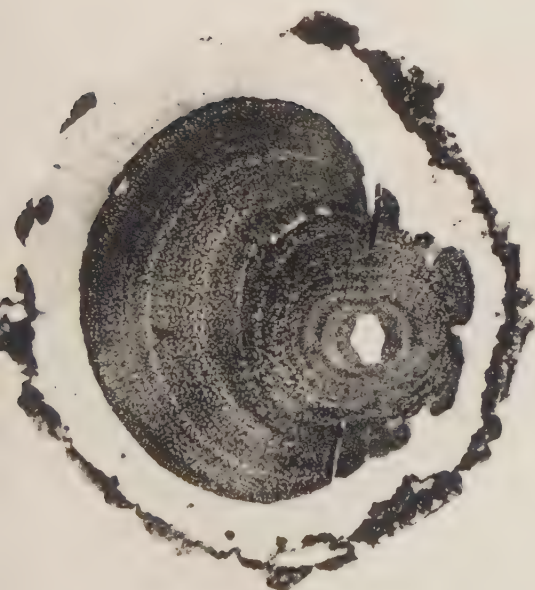


FIG. 3. *Poterium Sanguisorba*.
Tige de vingt ans.

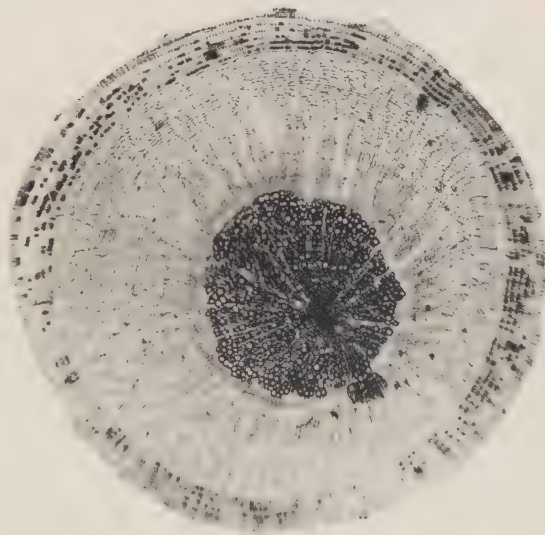


FIG. 4. *Helianthemum vulgare*.
Tige de douze ans.

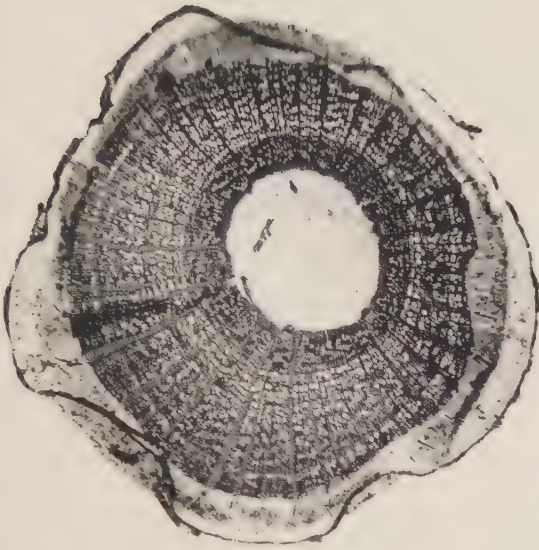


FIG. 1 *Hedera helix*.

Tige marcottée, au-delà des racines adventives.

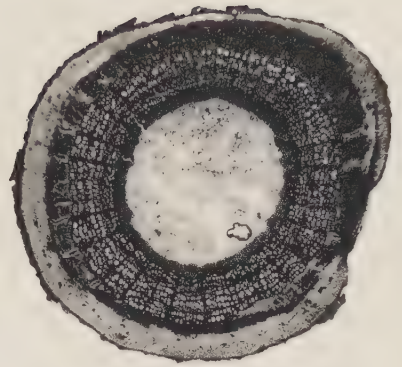


FIG. 2 *Hedera helix*.

Même tige, en-deça des racines adventives.



FIG. 3 *Vinca major*.

Tige marcotte de deux ans.

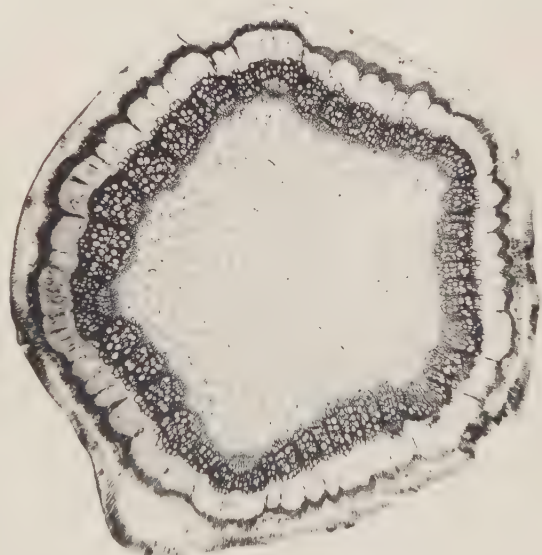


FIG. 4 *Rubus cæsius*.

Tige marcotte de deux ans.



FIG. 1. *Geum urbanum*.
Rhizome de trois ans.

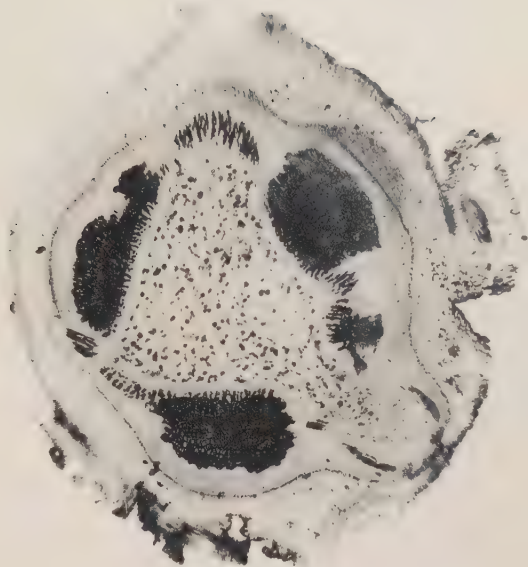


FIG. 2. *Viola odorata*.
Tige de quatre ans.

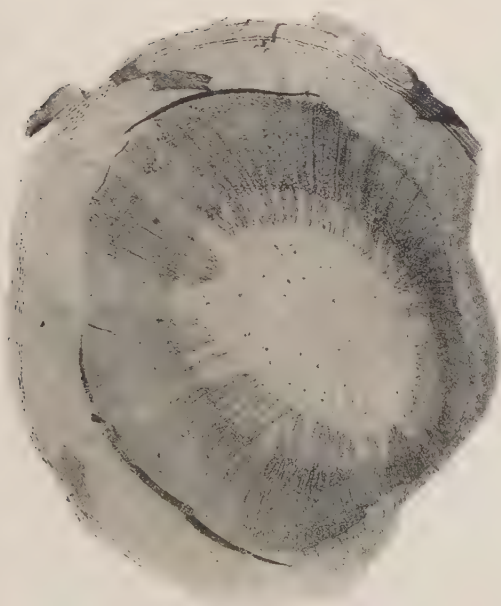


FIG. 3. *Agrimonia Eupatoria*.
Rhizome de six ans.

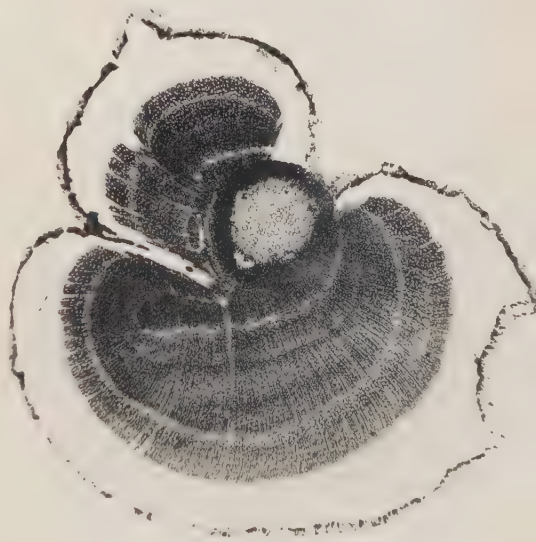


FIG. 4. *Globularia Salicina*.
Tige de dix ans.



FIG. 1. *Potentilla Fragariastrum*.
Tige de dix ans.

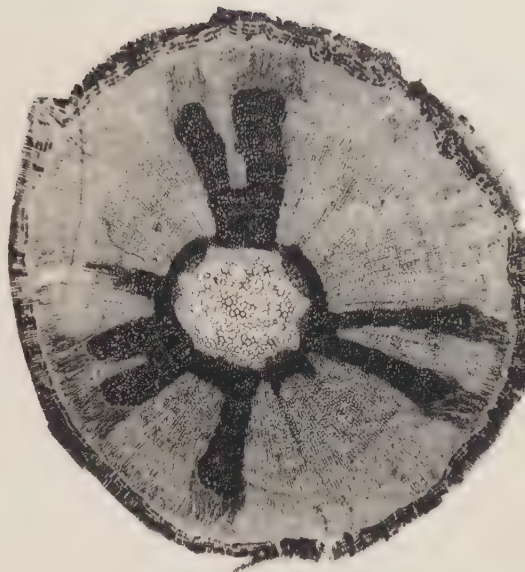


FIG. 2. *Potentilla Fragariastrum*.
Tige de neuf ans.

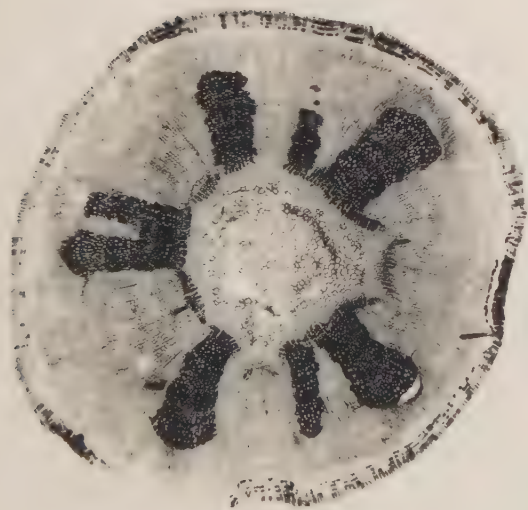


FIG. 3. *Potentilla Fragariastrum*.
Tige de six ans.



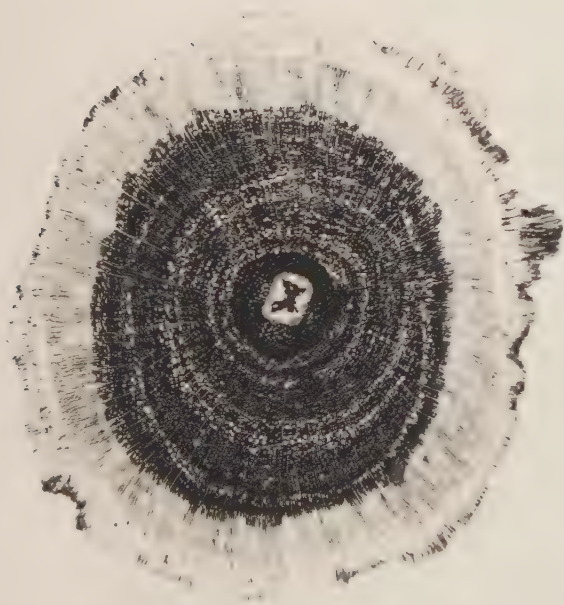
FIG. 4. *Potentilla Fragariastrum*.
Tige de cinq ans.



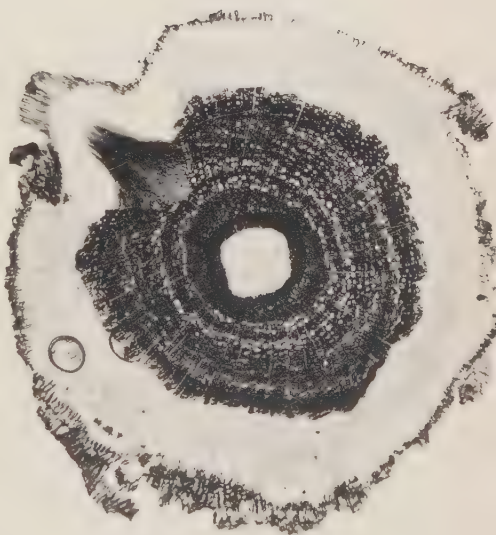
110. 1. *Gypsophila repens*
Tige de huit ans.



110. 2. *Gypsophila repens*
Tige de huit ans.



110. 3. *Phlox subulata*, Tige de huit ans,
au-dessus de fortes racines adventives.



110. 4. *Phlox subulata*, Tige de huit ans,
au-dessus de fortes racines adventives.

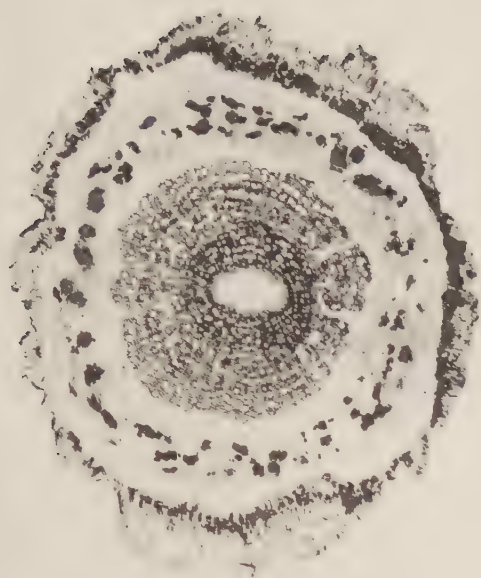


FIG. 1. *Lippia repens*.
Tige de dix ans.

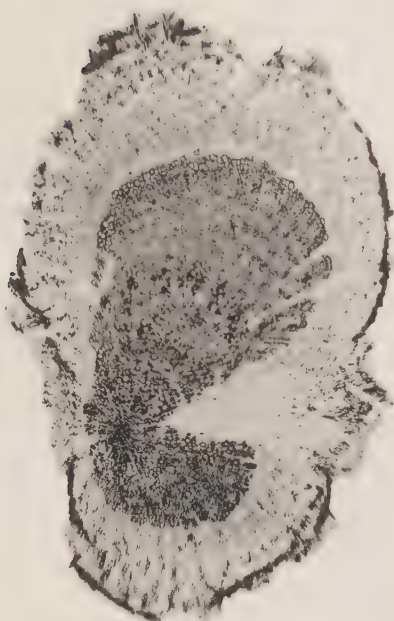


FIG. 2. *Anthyllis Vulneraria*.
Racine de quinze ans.



FIG. 3. *Galega officinalis*.
Racine de cinq ans.



FIG. 4. *Ononis reclinata*.
Racine de dix ans.



FIG. 1. *Medicago sativa*.
Rhizome de vingt-cinq ans.



FIG. 2. *Medicago sativa*.
Rhizome de vingt ans.



FIG. 3. *Medicago sativa*.
Racine de vingt-cinq ans.



FIG. 4. *Medicago sativa*.
Racine de trente ans.



FIG. 1. *Geranium sanguineum*.
Tige de six ans.

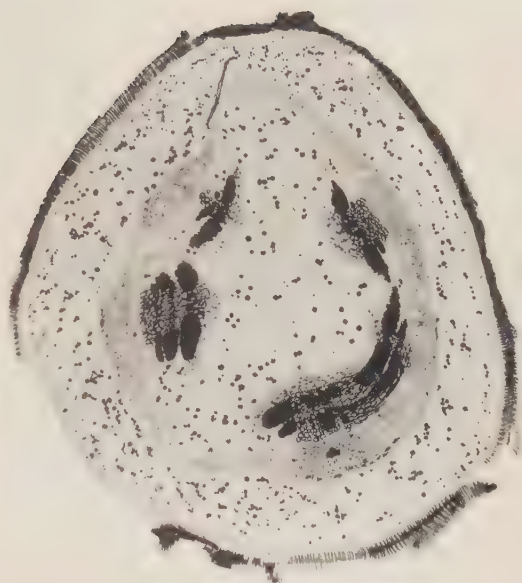


FIG. 2. *Geranium sanguineum*.
Tige de douze ans.



FIG. 3. *Cirsium acaule*.
Rhizome de six ans.



FIG. 4. *Cirsium acaule*.
Rhizome de huit ans.

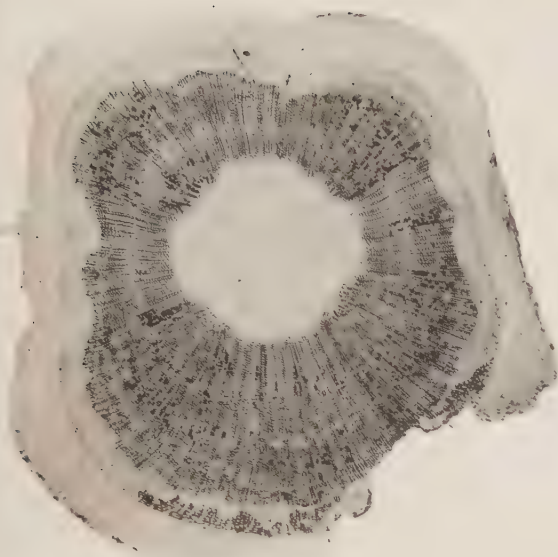


FIG. 1. *Galeobdolon luteum*.
Rhizome, partie âgée de sept ans.

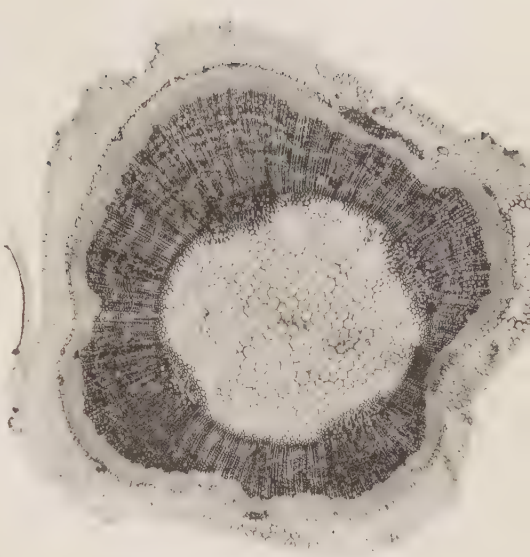


FIG. 2. *Galeobdolon luteum*.
Rhizome, partie âgée de sept ans.

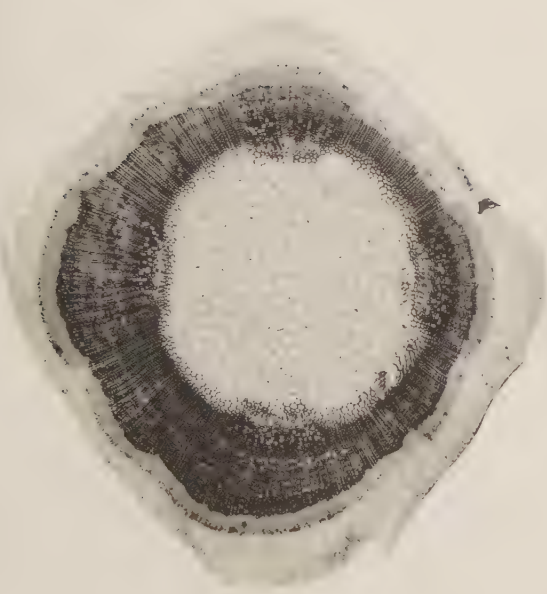


FIG. 3. *Galeobdolon luteum*.
Rhizome, partie âgée de sept ans.

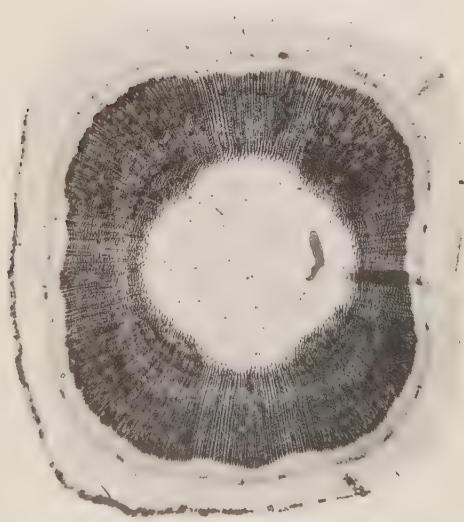


FIG. 4. *Galeobdolon luteum*.
Rhizome, partie âgée de quatre ans.



FIG. 1. *Teucrium Scorodonia*.
Tige souterraine de dix ans.

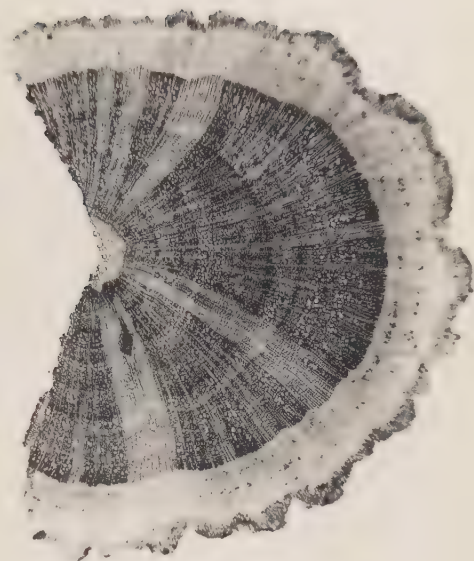


FIG. 2. *Teucrium Scorodonia*.
Rhizome de douze ans.

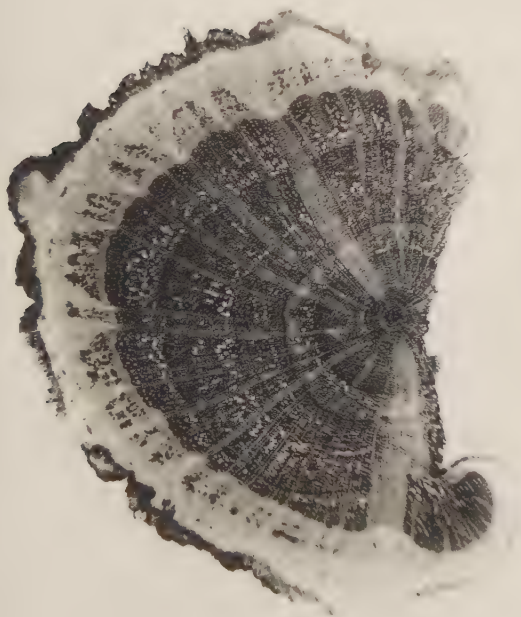


FIG. 3. *Teucrium Scorodonia*.
Racine âgée de treize ans.



FIG. 4. *Teucrium Scorodonia*.
La même racine, cinq centimètres plus bas.

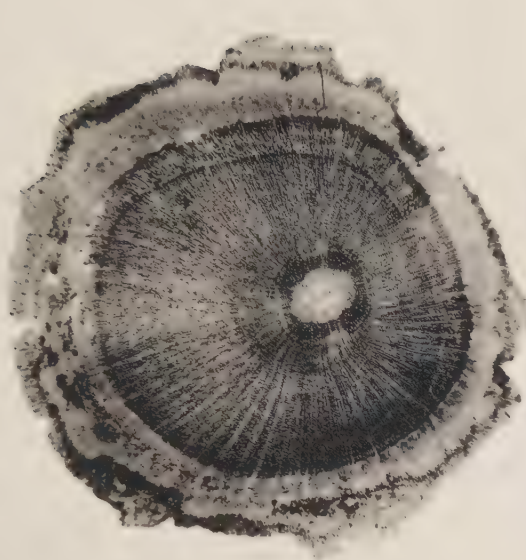


FIG. 1. *Teucrium Scorodonia*.
Tige de quatre ans, près du sol.



FIG. 2. *Teucrium Scorodonia*. Rhizome
du voisinage des chicots de la souche mère.

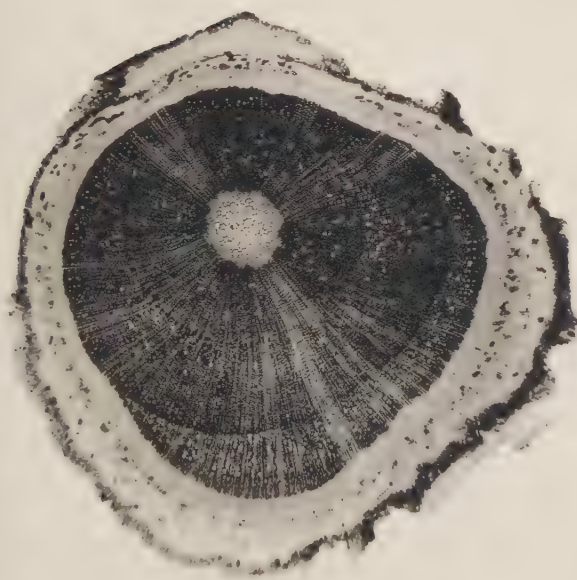


FIG. 3. *Teucrium Scorodonia*.
Tige aérienne de trois ans (base)

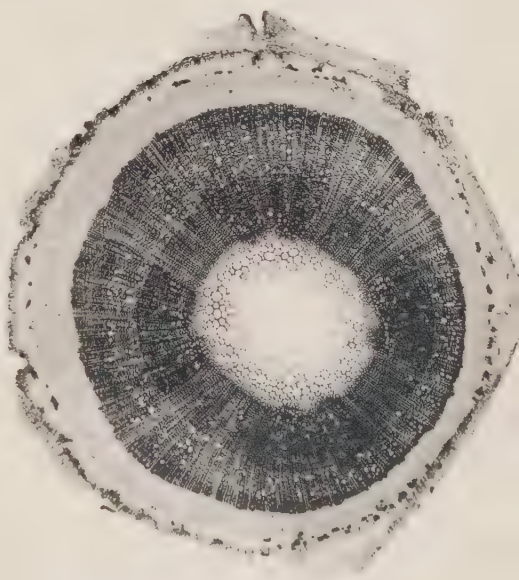


FIG. 4. *Teucrium Scorodonia*.
Même tige, partie âgée de deux ans

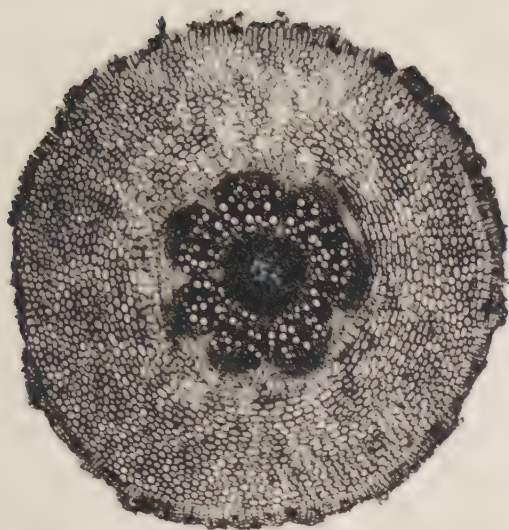


FIG. 1. *Chelone glabra*.
Racine adventive de cinq ans.



FIG. 2. *Chelone glabra*.
Tige souterraine de six ans.



FIG. 3. *Chelone glabra*.
Rhizome de cinq ans.

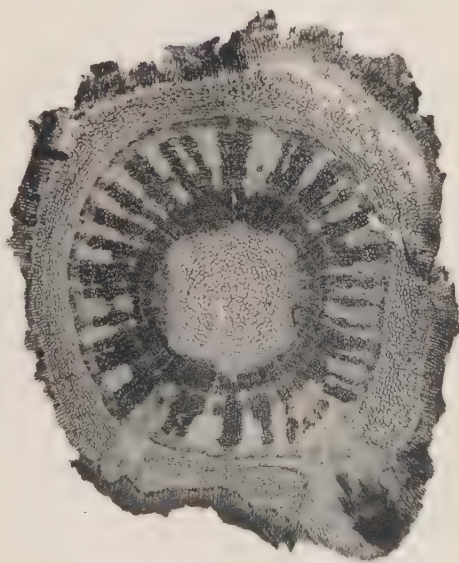


FIG. 4. *Chelone glabra*.
Rhizome de quatre ans.

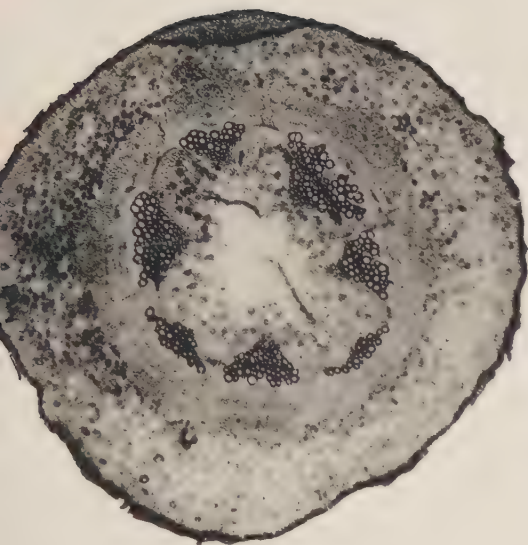


FIG. 1 . *Aegopodium podagraria*.
Rhizome, âge de trois ans.

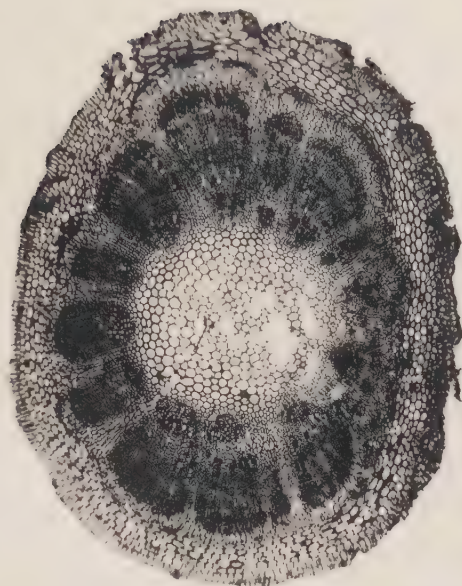


FIG. 2 . *Valeriana Phu*.
Rhizome âgé de trois ans.

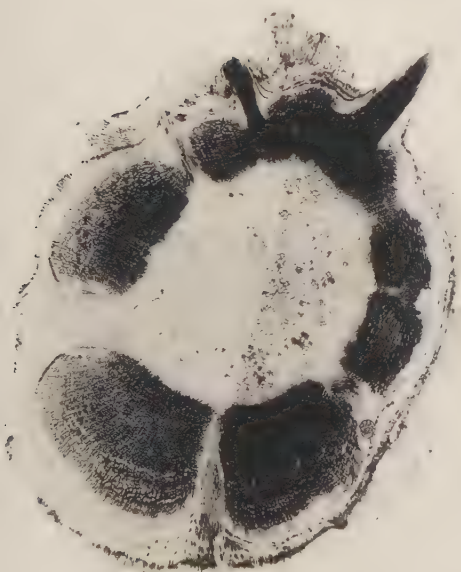


FIG. 3 . *Alchemilla vulgaris*.
Rhizome âgé de cinq ans.

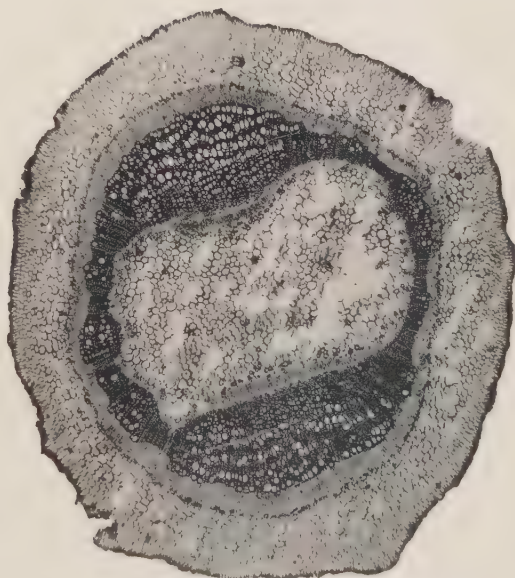


FIG. 4 . *Phrysalis Alkekengi*.
Rhizome âgé de deux ans.

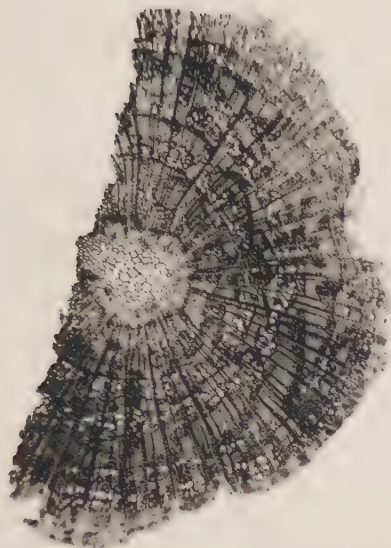


FIG. 1 . *Ulex europæus*.
Tige de huit ans.

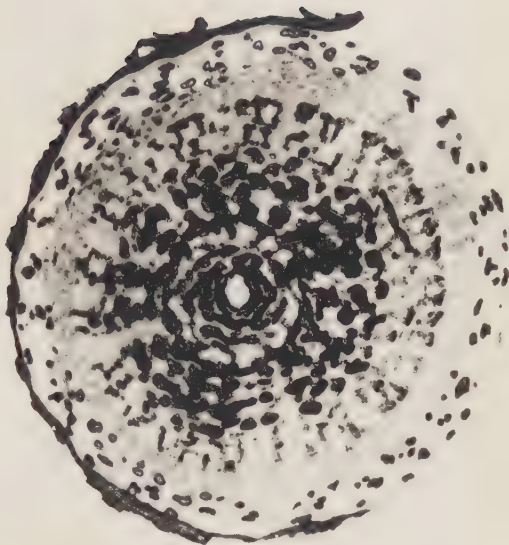


FIG. 2 . *Alyssum saxatile*.
Tige aérienne de six ans.



FIG. 3 . *Alyssum saxatile*.
Tige de trois ans.

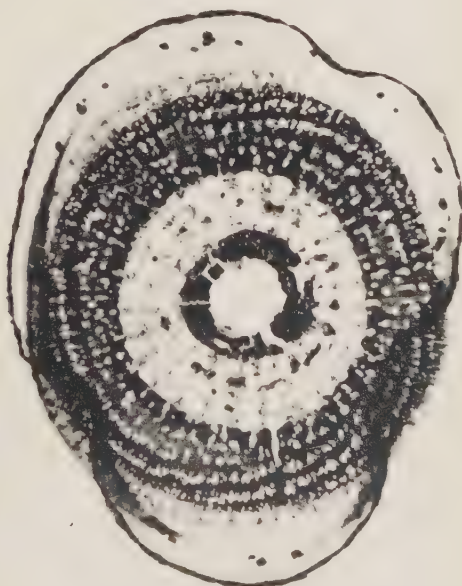


FIG. 4 . *Vesicularia utriculata*.
Tige de quatre ans.



FIG. 1. *Aubrietia purpurea*.
Tige de quatre ans.



FIG. 2. *Potentilla atrosanguinea*.
Rhizome de quatre ans.



FIG. 3. *Crithmum maritimum*.
Tige de quatre ans
prise sur un pied à extrémités se desséchant.



FIG. 4. *Crithmum maritimum*.
Tige de trois ans, prise sur la même tige
que la précédente (Entrenœuds voisins).

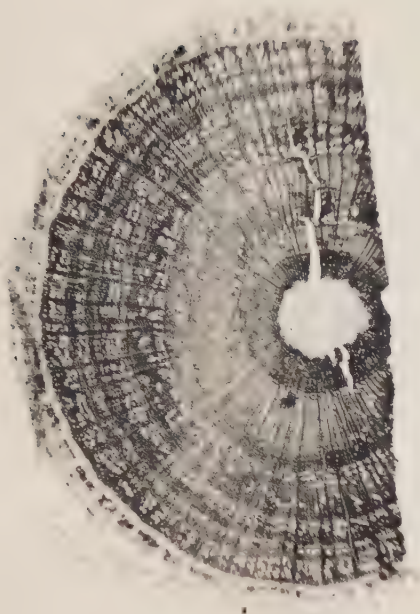


FIG. 1. *Caragana frutescens*.
Branche de huit ans.

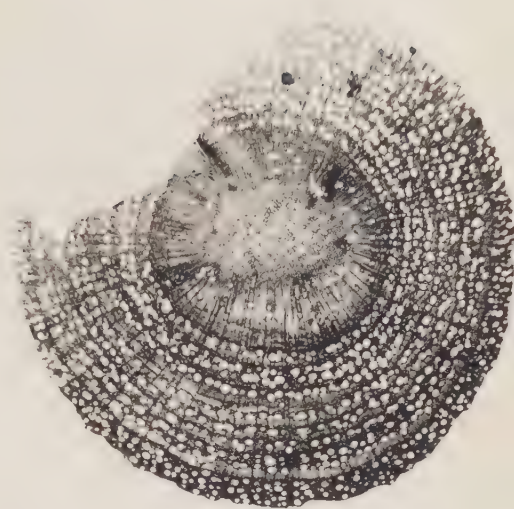


FIG. 2. *Gleditschia triacanthos*.
Branche retombante de dix ans.

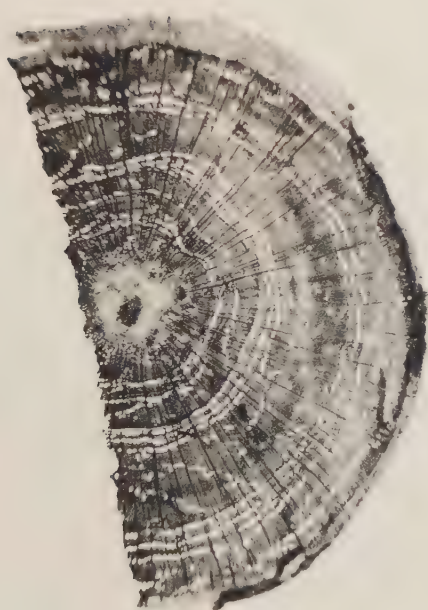


FIG. 3. *Spartium junceum*.
Branche de six ans.



FIG. 4. *Evonymus japonicus panache*.
Petite branche de quatorze ans.



FIG. 1 . *Malus communis*.
Longue branche à fruits de vingt-cinq ans.

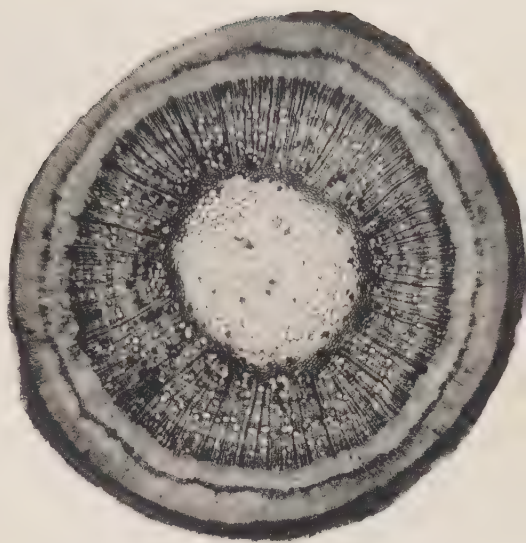


FIG. 2 . *Acer Negundo*.
Petite branche de huit ans.

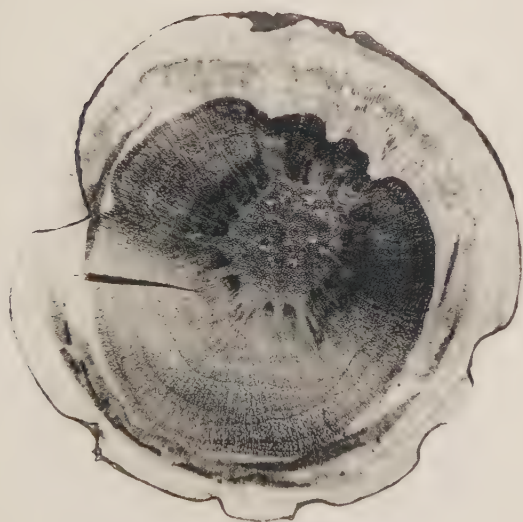


FIG. 3 . *Pirus communis*.
Branche fruitière de sept ans.

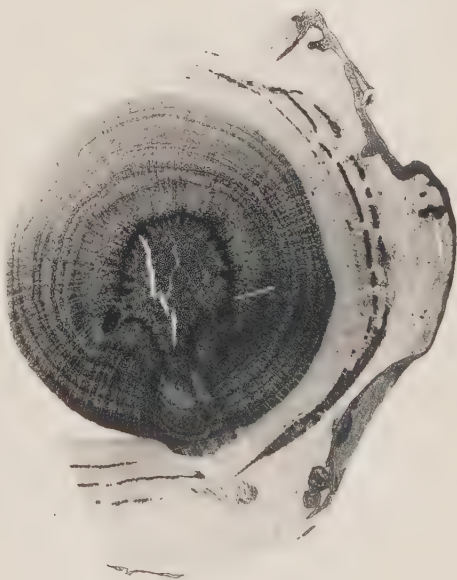


FIG. 4 . *Pirus communis*.
Même branche fruitière, région âgée de quinze ans.

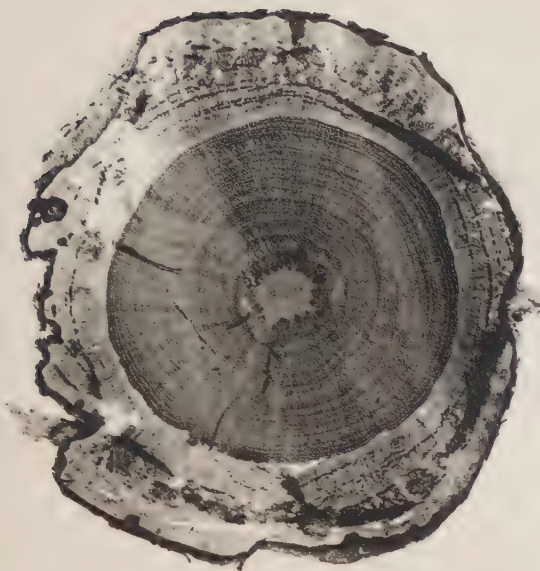


FIG. 1 . *Pirus communis*.
Branche à deux ramifications presque égales.
âgée de vingt-cinq ans.

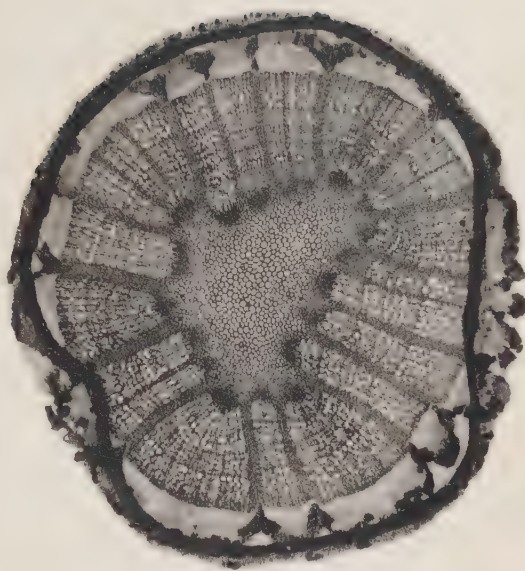


FIG. 2 . *Fagus sylvatica*.
Petite branche âgée de six ans.

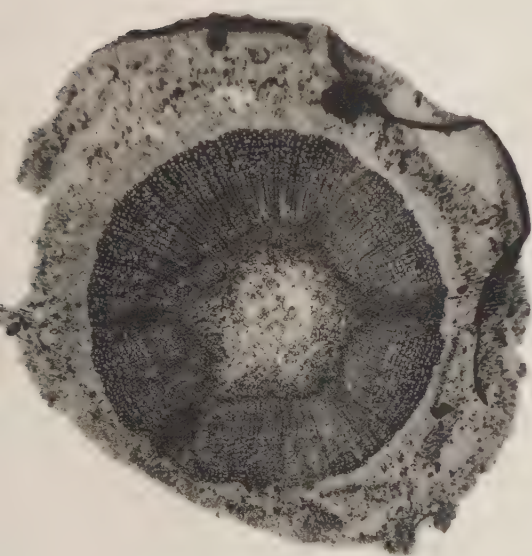


FIG. 3 . *Sorbus Aria*.
Petite branche de dix-neuf ans

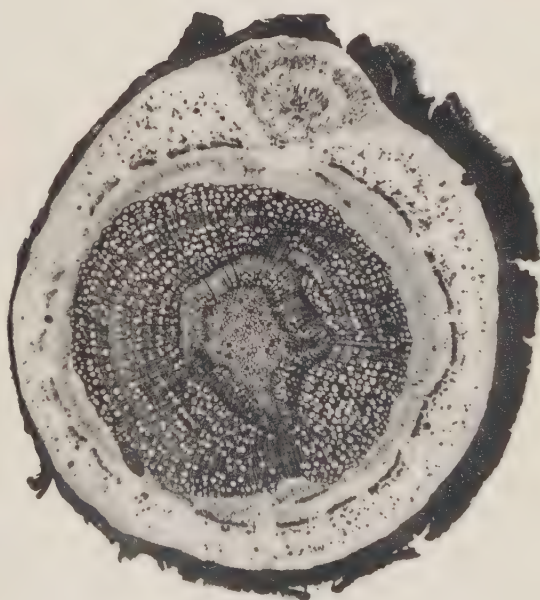


FIG. 4 . *Castanea vulgaris*.
Petite branche de quatorze ans.

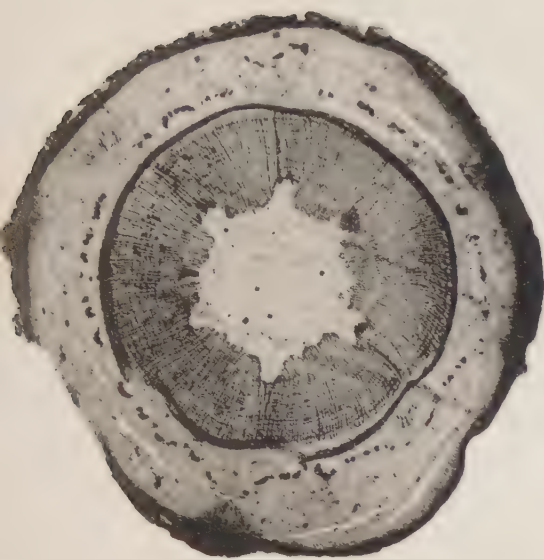


FIG. 1. *Æsculus hippocastanum*.
Petite branche de cinquante ans.

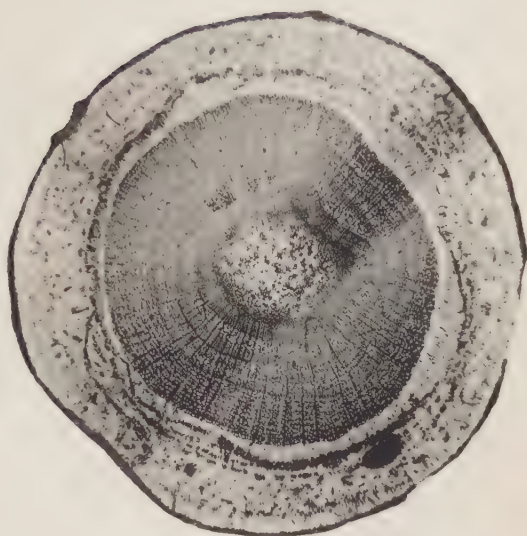


FIG. 2. *Sorbus Aria*.
Branche mixte de vingt ans.

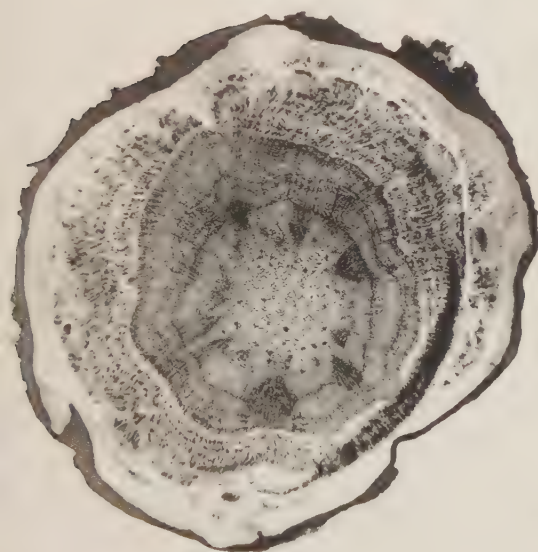


FIG. 3. *Malus communis*.
Branche fruitière très courte,
âgée de sept ans.

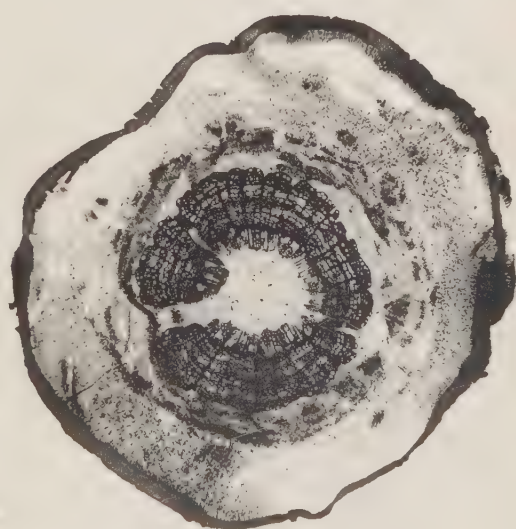


FIG. 4. *Cytisus Laburnum*.
Branche à fruits de cinq ans.

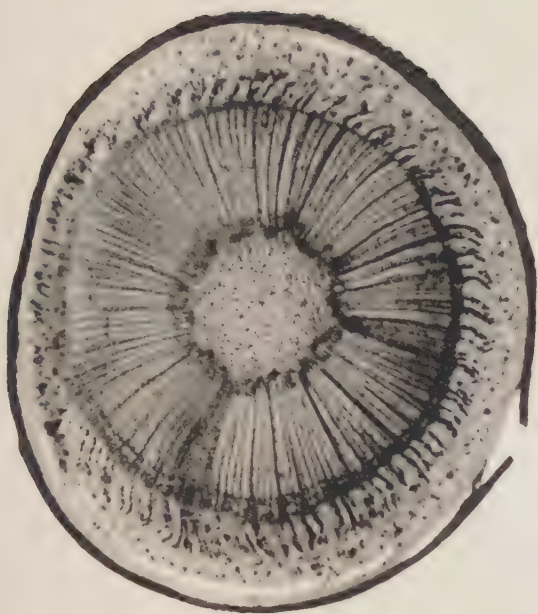


FIG. 1. *Prunus spinosa*,
Epine âgée de cinq ans, portant deux
petites ramifications du même côté.

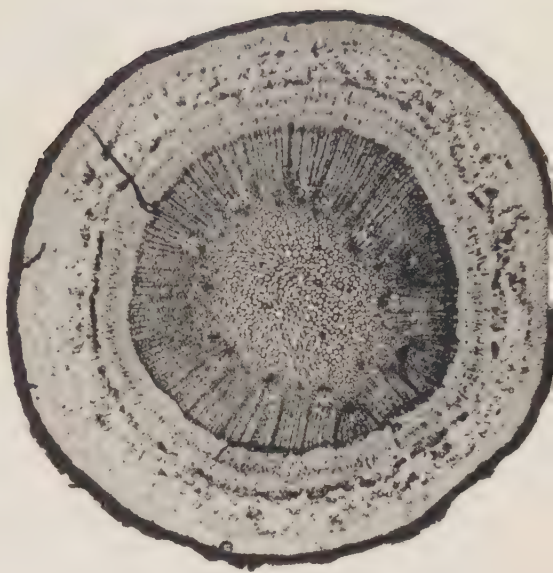


FIG. 2. Néflier de Bronvaux.
Epine avec de courts rameaux,
âgée de quinze ans.



FIG. 3. *Crataegus oxyacantha*.
Epine âgée de huit ans, et pourvue de rameaux
à fleurs, fleurissant chaque année



FIG. 4. *Cydonia japonica*.
Epine âgée de sept ans, portant
de courts rameaux à fleurs.



FIG. 1. *Citrus trifoliata*.
Épine de huit ans.



FIG. 2. *Colletia spinosa*.
Rameau épineux de dix ans.

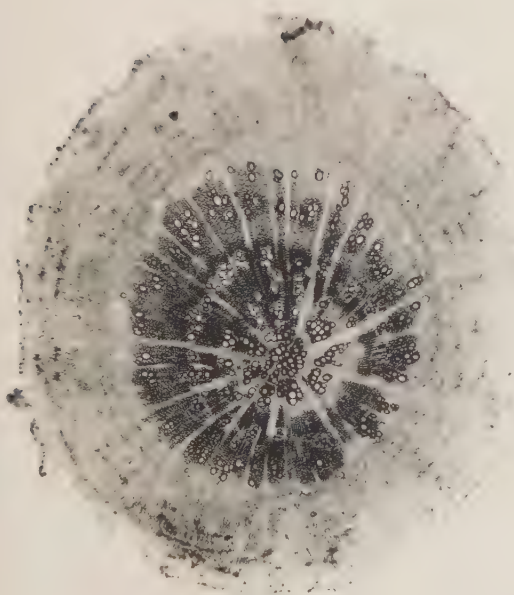


FIG. 3. *Argemone mexicana*.
Racine âgée de six mois.

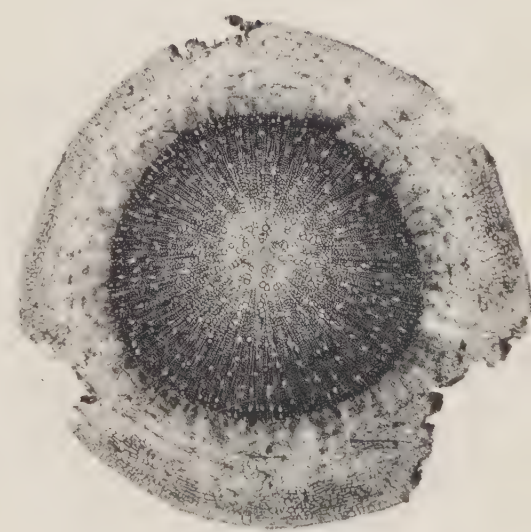


FIG. 4. *Papaver rhœas*.
Racine âgée de six mois.

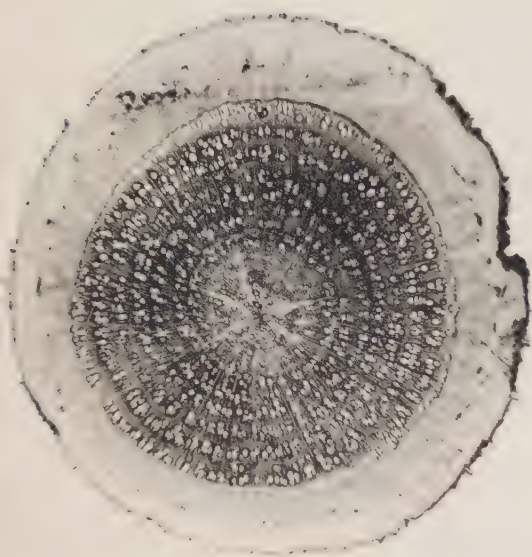


FIG. 1. *Cakile maritima*.
Racine de huit mois.

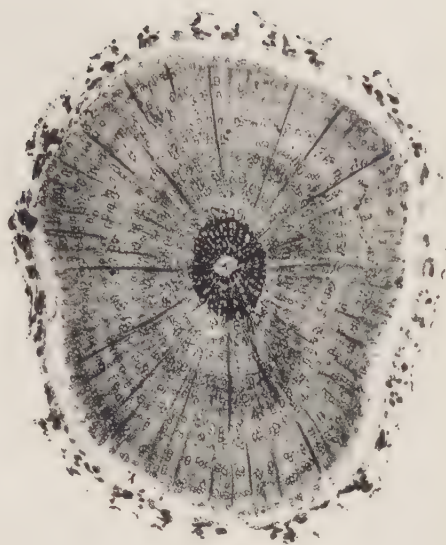


FIG. 2. *Sinapis alba*.
Racine de six mois.



FIG. 3. *Sinapis nigra*.
Racine de la plante en fleurs.



FIG. 4. *Sinapis nigra*.
Racine au début de la ramification de la tige.



FIG. 1. *Lepidium sativum*.
Racine d'une plante en fleurs,
âgée de trois mois.



FIG. 2. *Capsella bursa pastoris*.
Racine d'un pied en fleurs.

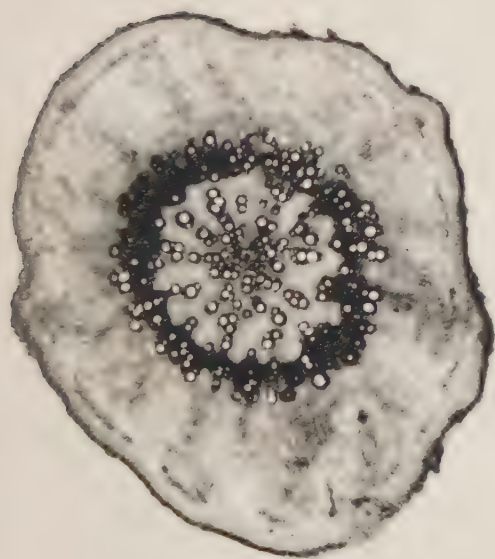


FIG. 3. *Senebiera coronopus*.
Racine d'un pied en graines.



FIG. 4. *Senebiera didyma*.
Racine d'un pied en graines.



FIG. 1. *Thlaspi arvense*.
Racine de la plante en fruits.

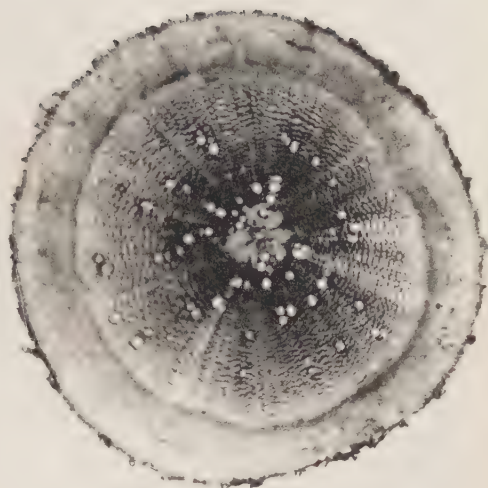


FIG. 2. *Sinapis nigra*.
Racine de la plante montant à fleurs.



FIG. 3. *Lychnis Githago*.
Racine de la plante en fleurs.

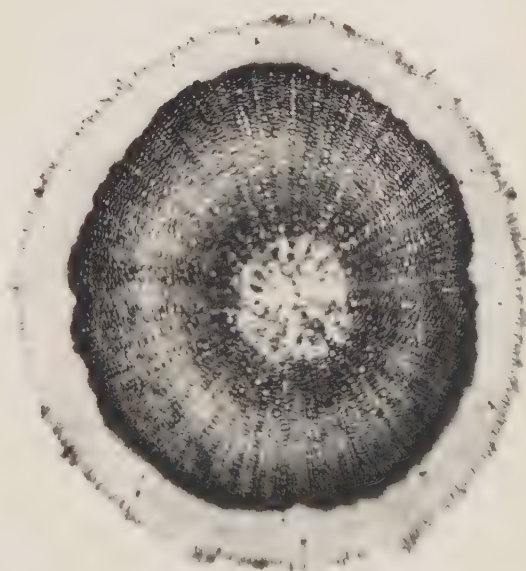


FIG. 4. *Silene armeria*.
Racine de six mois.

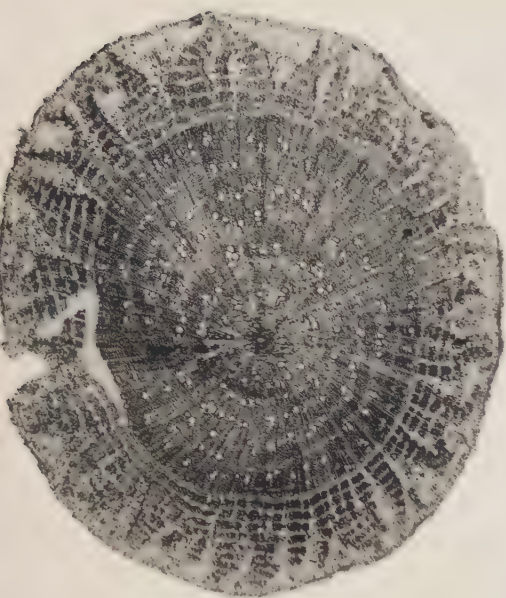


FIG. 1. *Malva mauritania*.
Racine de quatre mois.

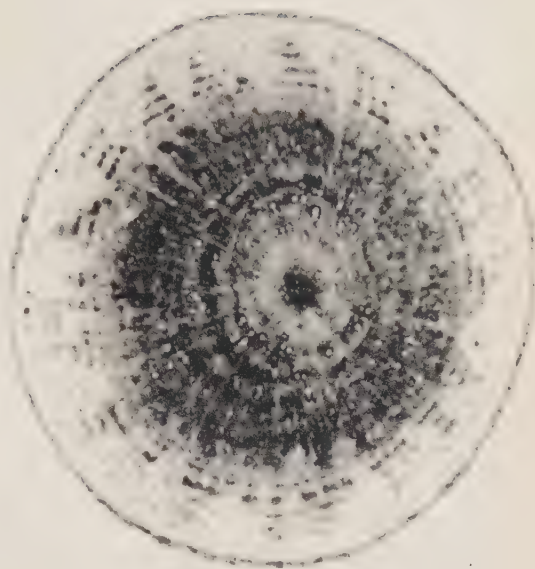


FIG. 2. *Hibiscus Trionum*.
Racine de neuf mois.



FIG. 3. *Lavatera cretica*.
Racine de trois mois.

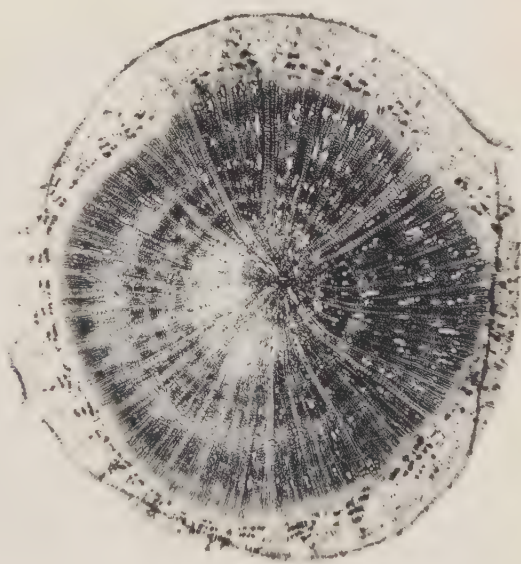


FIG. 4. *Lavatera trimestris*.
Racine de trois mois.



FIG. 1. *Geranium molle*.
Racine de la plante en fleurs.

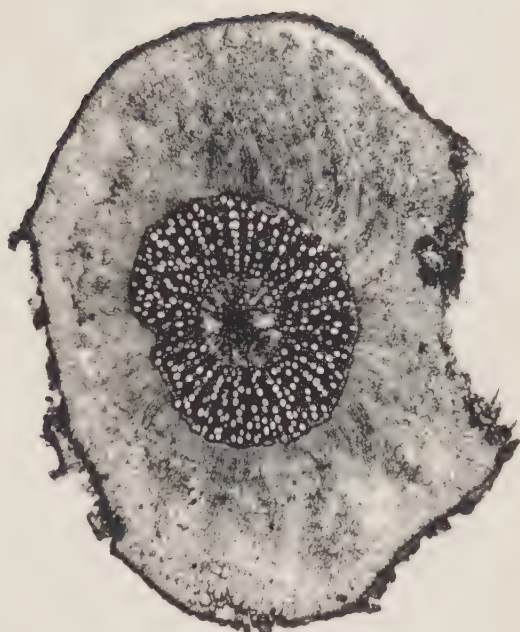


FIG. 2. *Geranium dissectum*.
Racine de la plante en fleurs.



FIG. 3. *Medicago lupulina*.
Racine de la plante de neuf mois.

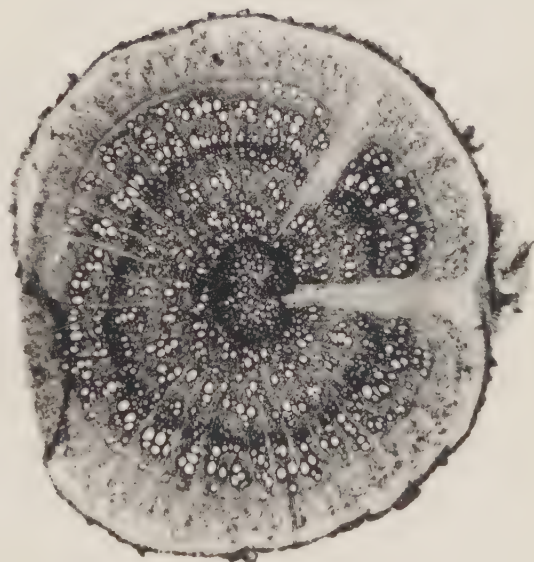


FIG. 4. *Medicago apiculata*.
Racine de neuf mois.



FIG. 1. *Scandix Pecten Veneris*.
Racine de la plante en fruits.



FIG. 2. *Torilis nodosa*.
Racine de la plante en fruits.

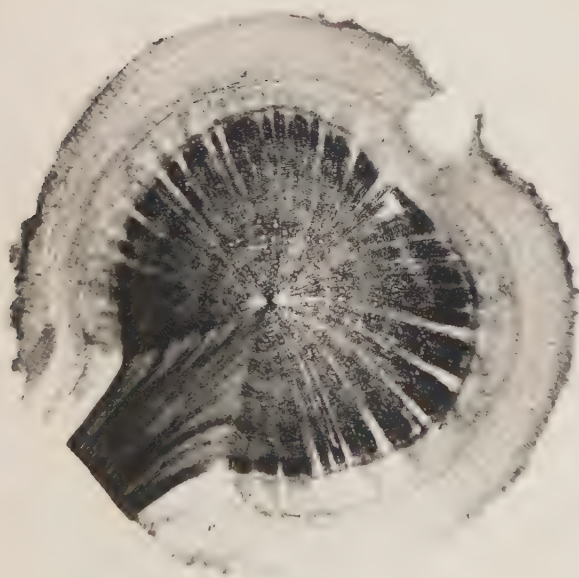


FIG. 3. Racine de *Senecio vulgaris* en fruits.

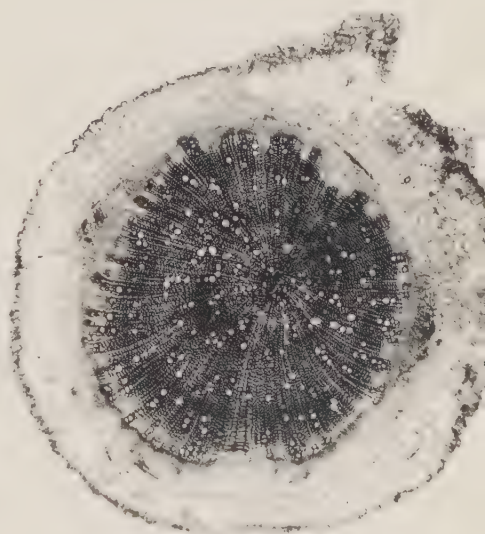


FIG. 4. *Madia sativa*.
Racine de la plante en fruits.



FIG. 1. *Lycopsis arvensis*.
Racine de la plante en fruits.

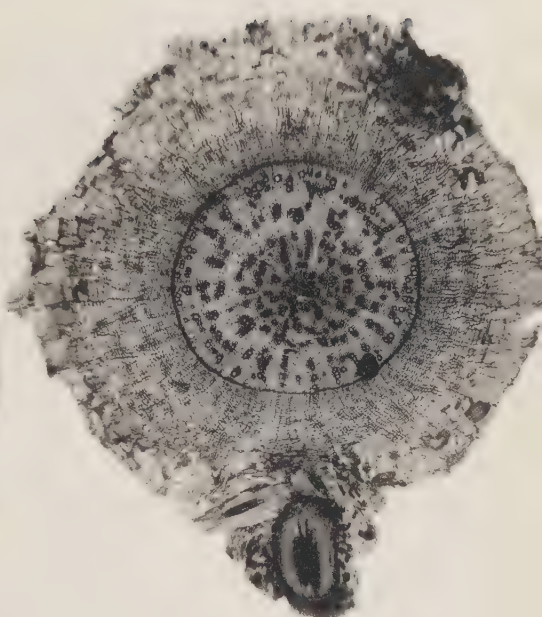


FIG. 2. *Borrago officinalis*.
Racine au début de la montée à fleurs.



FIG. 3. *Omphalodes linifolia*.
Racine de six mois.



FIG. 4. *Collomia grandiflora*.
Racine de six mois.

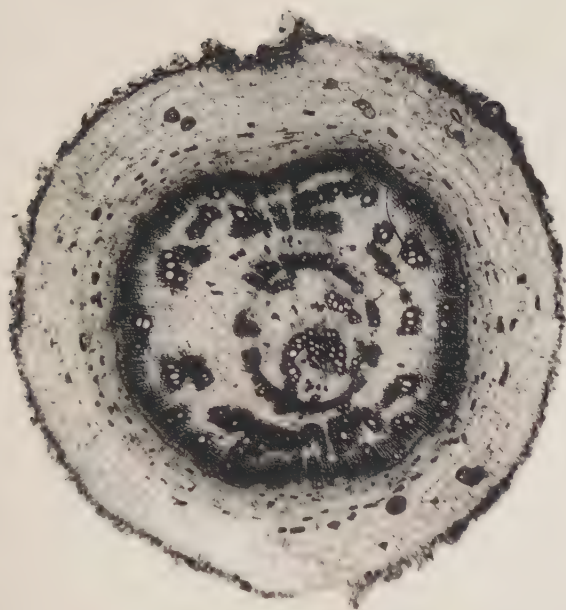


FIG. 1 . *Datura Stramonium*.
Axe hypocotyle



FIG. 2 . *Nicotiana tabacum*.
Racine âgée d'un an.

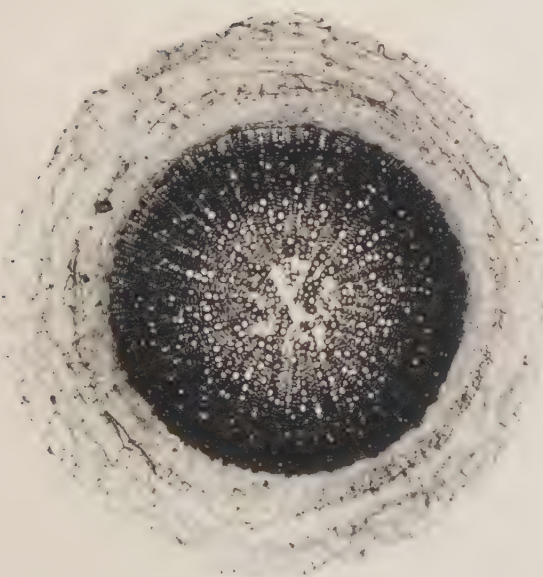


FIG. 3 . *Schizanthus pinnatus*.
Racine de six mois.



FIG. 4 . *Euphorbia helioscopia*.
Racine de six mois.



FIG. 1 . *Reseda luteola*.
Racine âgée de deux ans.

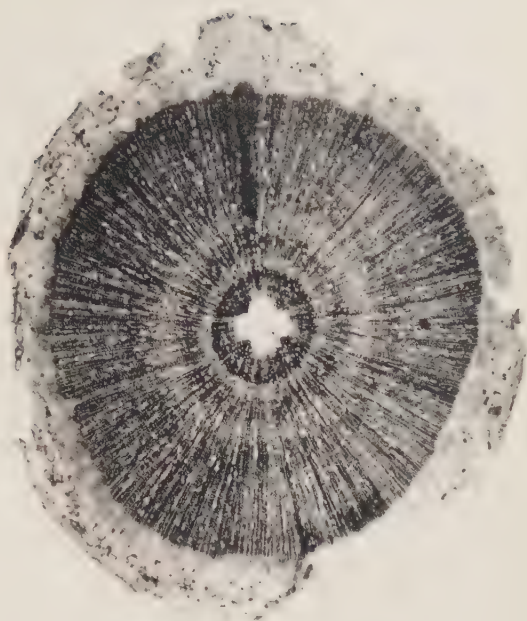


FIG. 2 . *Mercurialis annua*.
Racine âgée de huit mois.



FIG. 3 . *Urtica pilulifera*.
Tige de six mois.

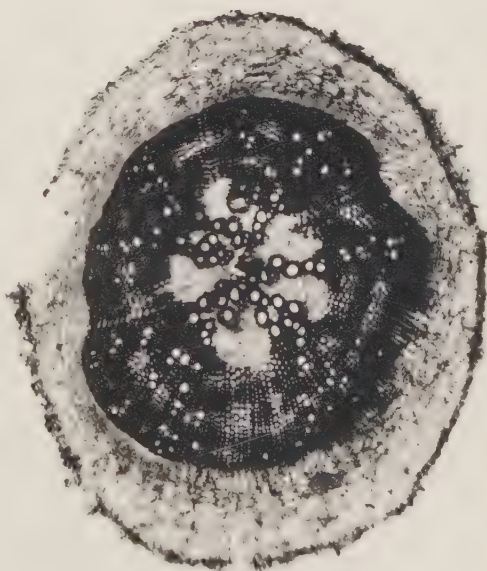


FIG. 4 . *Urtica pilulifera*.
Racine de six mois.

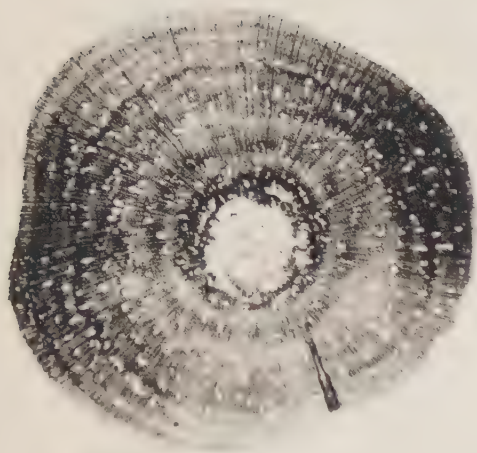


FIG. 1. *Oenothera biennis*.
Racine de deux ans.



FIG. 2. *Linaria bipartita*.
Racine de six mois.



FIG. 3. *Lunaria biennis*.
Racine de deux ans, montant à fleurs.



FIG. 4. *Lunaria biennis*.
Racine d'un an, plante à rosette.



FIG. 1 . *Ephedra distachya*.
Tige de vingt ans.

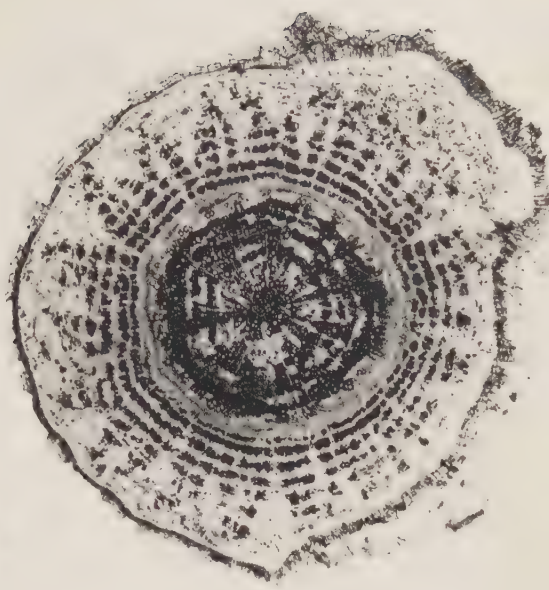


FIG. 2 . *Althaea rosea*.
Racine de quatre mois.



FIG. 3 . *Lavatera arborea*.
Racine de quatre mois



FIG. 4 . *Sison Ammomum*.
Racine d'un pied vivace de trois ans.

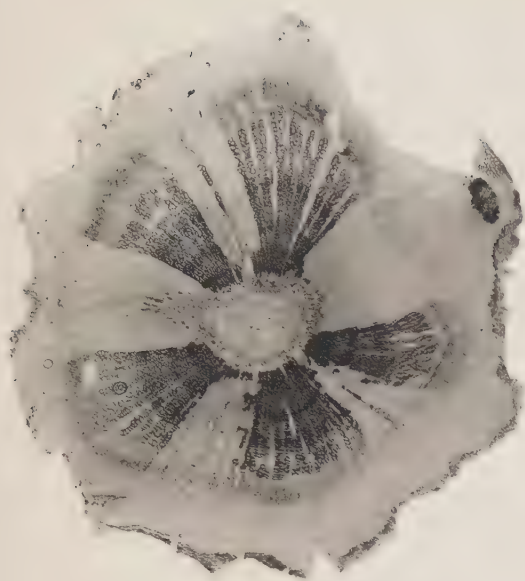


FIG. 1. *Digitalis purpurea*.
Tige d'un pied à rosette, âgé d'un an.

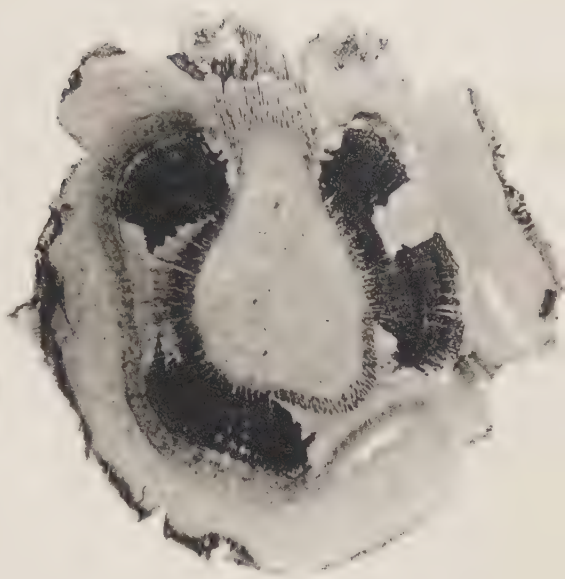


FIG. 2. *Digitalis purpurea*.
Autre tige d'un pied d'un an.



FIG. 3. *Digitalis purpurea*.
Racine âgée de deux ans.



FIG. 4. *Lychnis dioica*.
Racine âgée de deux ans.



FIG. 1 . *Plantago coronopus*.
Tige âgée d'un an.



FIG. 2 . *Plantago coronopus*.
Racine du même pied.



FIG. 3 . *Plantago coronopus*.
Racine d'un autre pied.



FIG. 4 . *Verbascum Lychnitis*.
Racine âgée de neuf mois.



FIG. 1. *Verbascum Blattaria*.
Racine de neuf mois, avec rosette.



FIG. 2. *Verbascum Blattaria*.
Racine d'un pied accidentellement annuel.

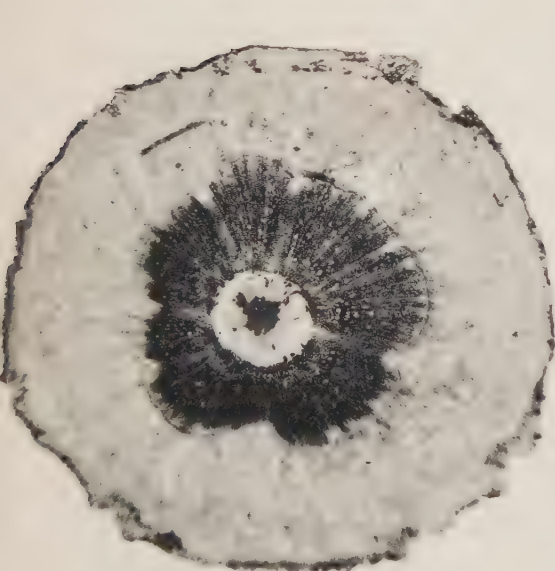


FIG. 3. *Pedicularis palustris*.
Racine principale de deux ans.

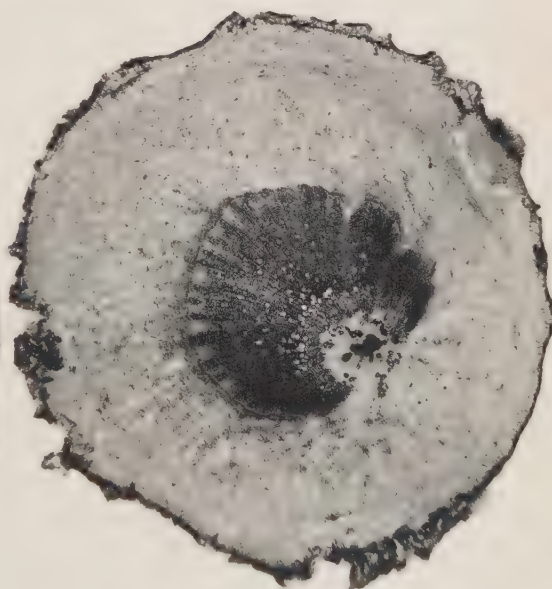


FIG. 4. *Pedicularis palustris*.
Même racine au voisinage de la racine
qui a remplacé la principale détruite.

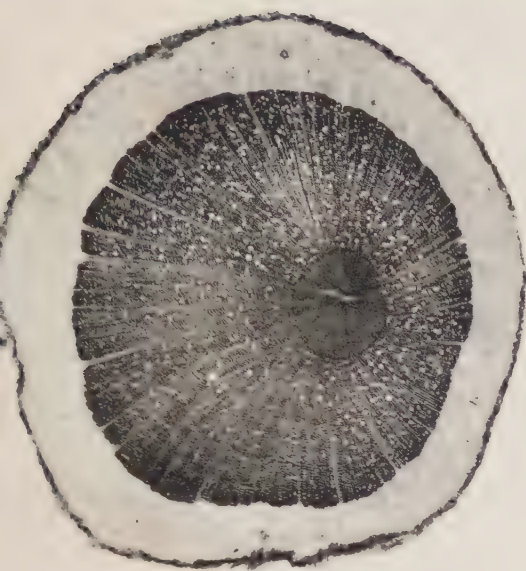


FIG. 1 . *Verbena officinalis*.
Racine âgée d'un an.

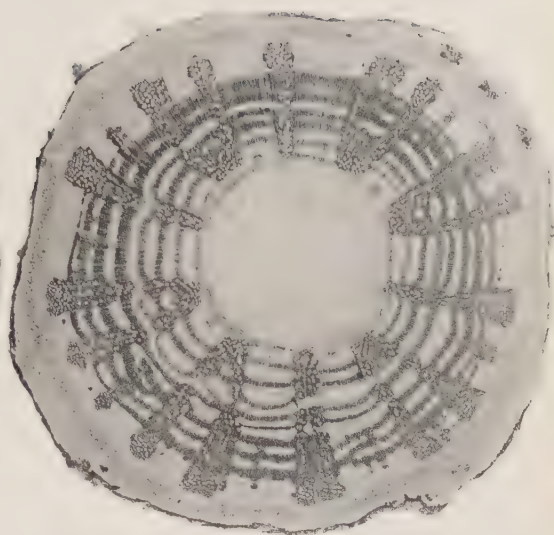


FIG. 2 . *Urtica dioica*.
Tige de quatre ans.



FIG. 3 . *Raphanus sativus*.
Racine d'un pied remontant.



FIG. 4 . *Andryala sinuata*.
Racine d'un pied remontant.

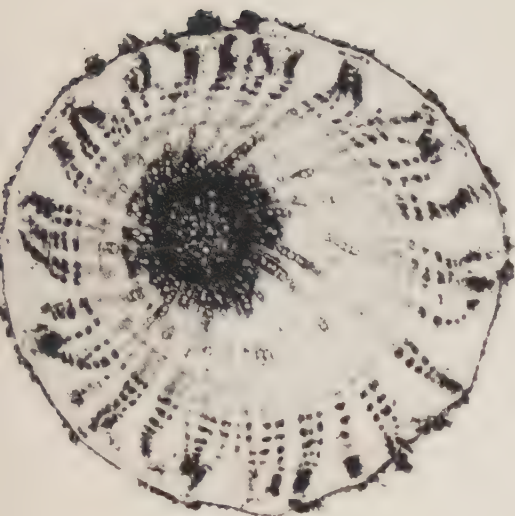


FIG. 1. *Malva crispa*.
Racine d'un pied (semis serré) remontant.

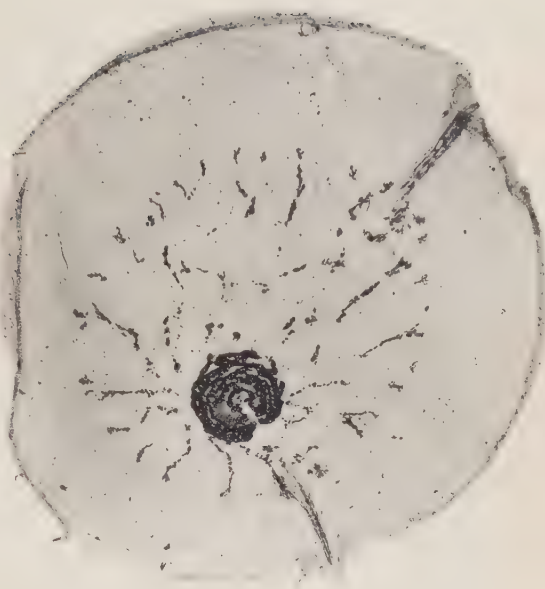


FIG. 2. *Enothera biennis*.
Racine d'un pied, annuel par semis serré,
et ayant remonté.

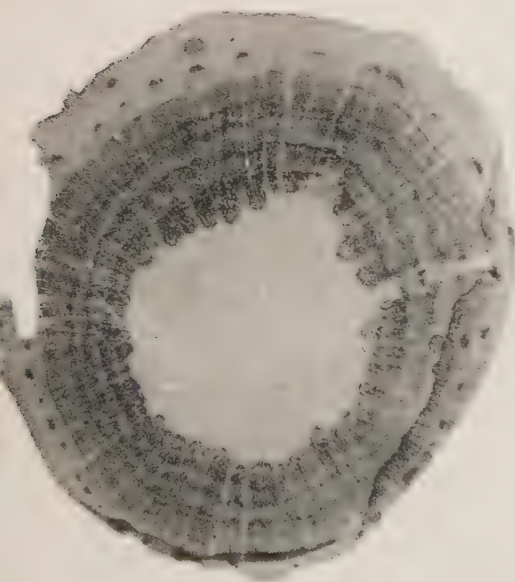


FIG. 3. *Arctotis grandis*.
Tige d'un pied ayant subi alternatives
de sécheresse et d'humidité, semis éclaircis.



FIG. 4. *Dianthus Armeria*.
Pied annuel des bords de la mer.

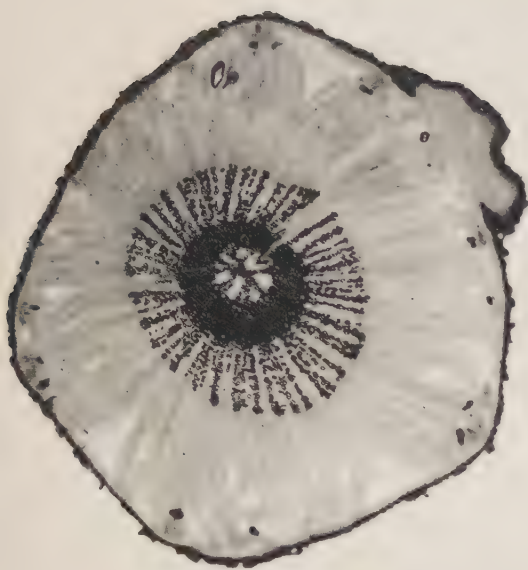


FIG. 1. *Sysimbrium austriacum*.
Racine d'un pied de deux ans, remontant
en donnant des rosettes.

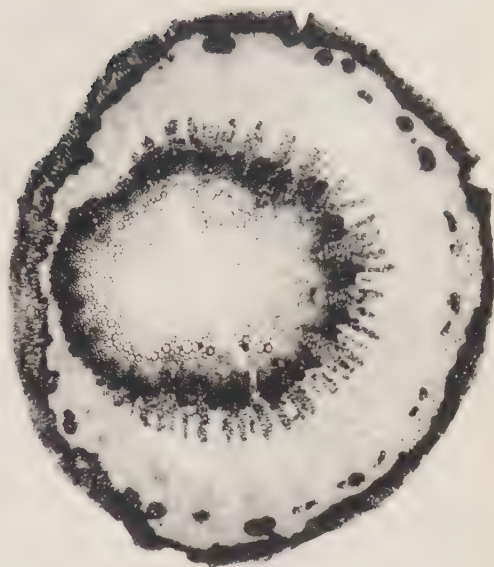


FIG. 2. *Sysimbrium austriacum*.
Tige au-dessous de la rosette supérieure
du même pied.



FIG. 3. *Sysimbrium austriacum*.
Axe hypocotylé d'un an.



FIG. 4. *Phacelia bipinnatifida*.
Tige ayant remonté en donnant des rosettes.



FIG. 1. *Eryonimus japonicus variegatus*,
sujet d'*E. pulchellus*. Greffe sur petite branche.



FIG. 2. *Malva rotundifolia*.
Petite racine d'un premier pied normal
âgée de neuf mois.



FIG. 3. *Malva rotundifolia*.
Racine d'un autre pied de neuf mois
ayant subi deux décapitations espacées.



FIG. 4. *Malva crispa*.
Racine d'un pied greffé sur lui-même.

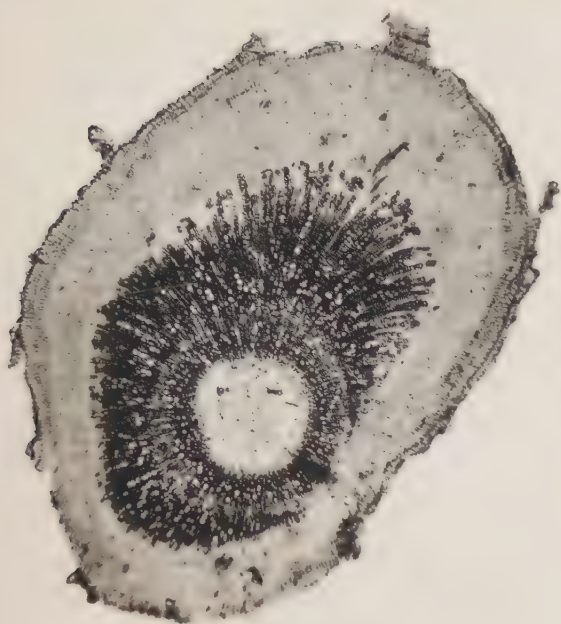


FIG. 1 . *Goodetia*.
Plante greffée sur elle-même, coupe du sujet.

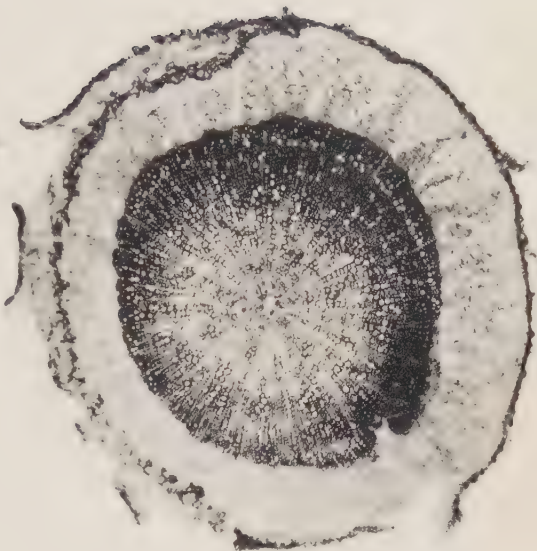


FIG. 2 . *Trifolium incarnatum*.
Racine d'un pied remontant après décapitation.

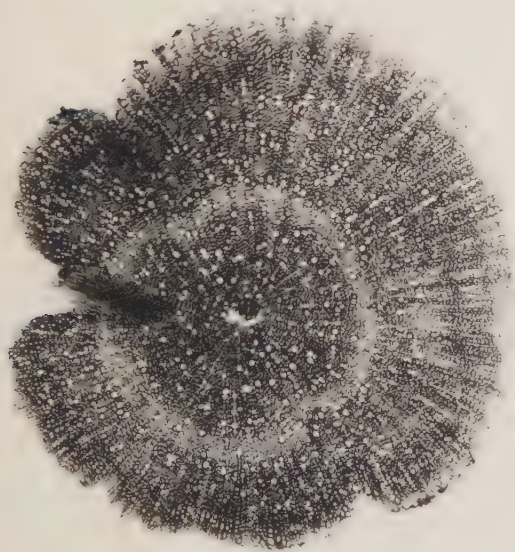


FIG. 3 . *Chrysanthemum segetum*.
Racine d'un pied remontant après décapitation.



FIG. 4 . *Lampsana communis*.
Racine d'un pied remonté après décapitation



FIG. 1 . *Lactuca sativa*.
Racine d'un pied en fleurs,
ayant préalablement été décapité,
puis ayant fourni deux pousses à fleurs
de vigueur inégale.



FIG. 2 . *Solanum glaucophyllum*.
Greffon placé sur Tomate.



FIG. 3 . *Raphanus sativus*.
Racine attaquée par des larves d'Insectes.

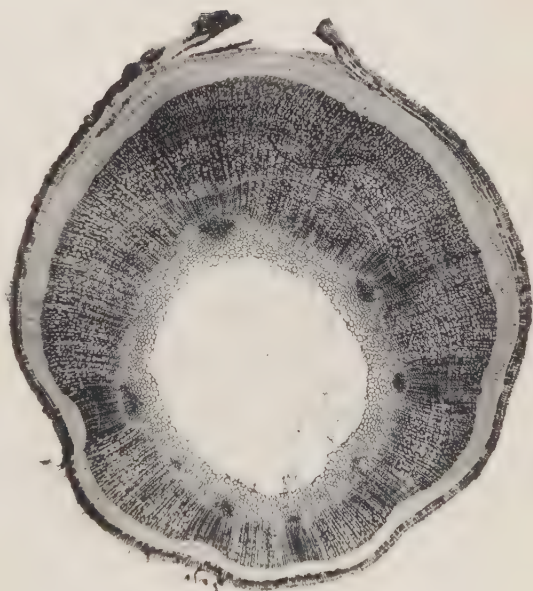


FIG. 4 . *Comarum palustre*.
Tige ayant subi alternatives de sécheresse
et d'humidité.



FIG. 1. *Heliotropium europæum*.
Bouture ayant subi des alternatives
de durcissement (sécheresse) et d'arrosages.

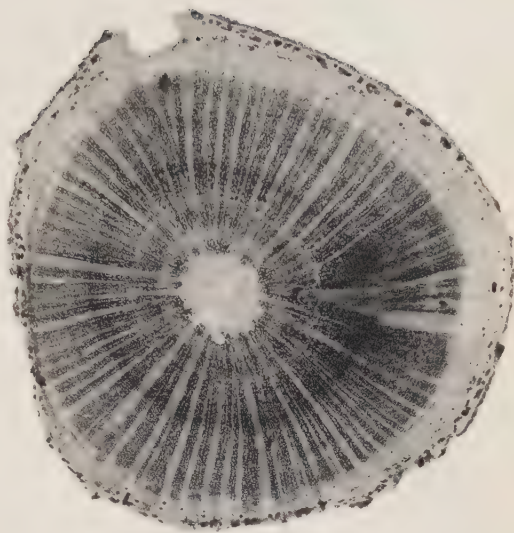


FIG. 2. *Ageratum conyzoides*.
Bouture ayant été alternativement placée
à la sécheresse et à l'humidité.

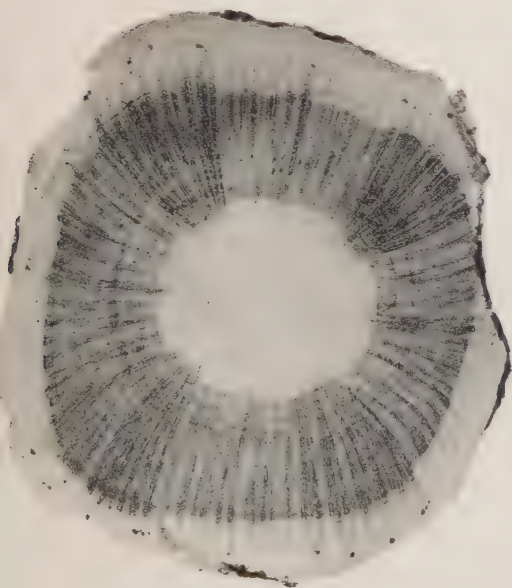


FIG. 3. *Coleus* à feuilles blanc jaunâtre.
Bouture alternativement placée à la sécheresse
et à l'humidité.

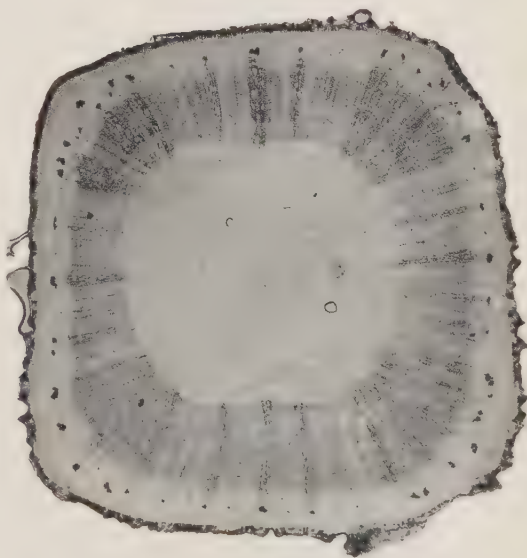


FIG. 4. *Coleus* à feuilles rouges.
Bouture alternativement placée à la sécheresse
et à l'humidité.



FIG. 1. *Achyranthes Verschaffeltii*.
Bouture ayant subi des alternances
de sécheresse et d'humidité.

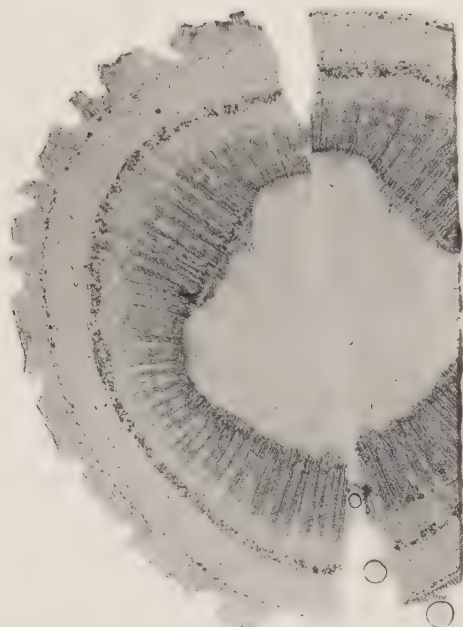


FIG. 2. *Pelargonium zonale*.
Bouture ayant subi des alternatives
de sécheresse et d'humidité.



FIG. 3. *Retinospora*.
Arbre japonais. Racine très âgée.
Courbures variées de la tige nanifiée.



FIG. 4. *Retinospora*.
Arbre japonais. Tige au voisinage
d'une courbure horizontale.



FIG. 1. *Echium vulgare*.
Tige rétablissant le niveau de la rosette
artificiellement abaissée.

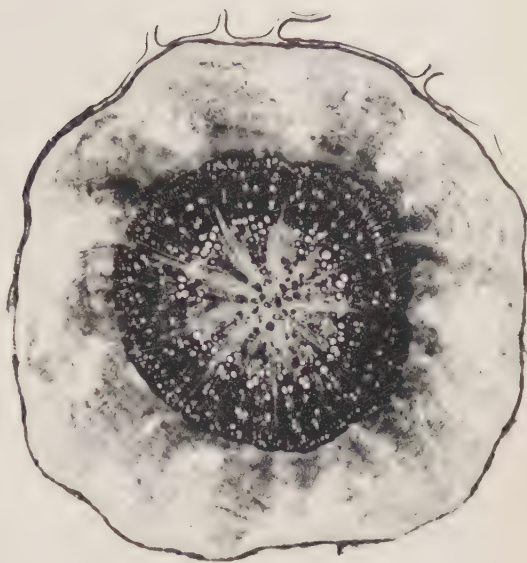


FIG. 2. *Echium vulgare*.
Racine enterrée, portant la tige de
la figure 1 et une tige florale.



FIG. 3. *Echium vulgare*.
Racine enterrée, ayant donné une tige aérienne
faible qui a remonté après décapitation.



FIG. 4. *Echium vulgare*.
Racine au voisinage
du collet d'une plante en fleurs, âgée de dix ans,
et donnant une nouvelle rosette de feuilles
(Plante vivace). La rosette du remplacement
est à ses débuts et a donné à peine du bois tendre.



FIG. 1. *Echium vulgare*.
Racine normale d'une plante
à rosette, âgée d'un an.

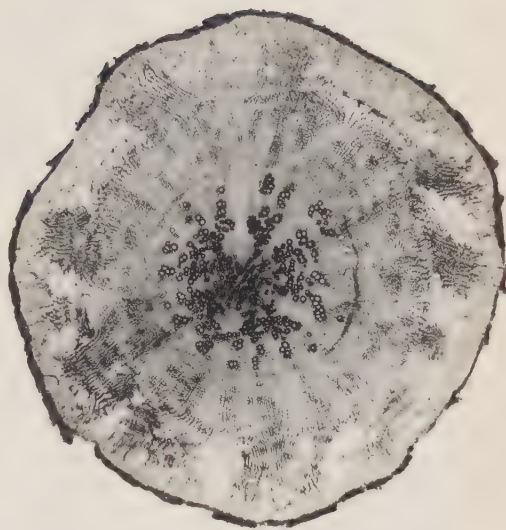


FIG. 2. *Echium vulgare*.
Coupe d'une racine de deux ans au-dessous
de la rosette enfouie dans le sol.



FIG. 3. *Echium vulgare*.
Racine d'un pied devenu naturellement vivace.



FIG. 4. *Dirca palustris*.
Tige d'un pied souffrant de mauvaise
acclimation, après la quatrième année.
Ce pied est âgé de douze ans.

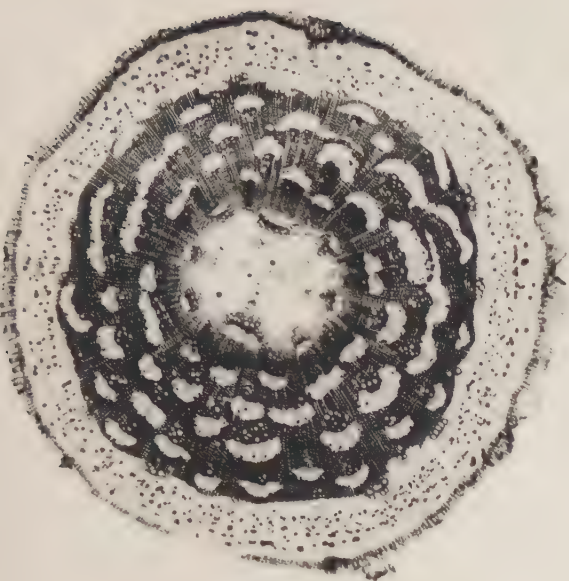


FIG. 1. *Obione portulacoides*.
Tige coupée au-dessus d'un paquet de
fortes racines adventives (marcottage)

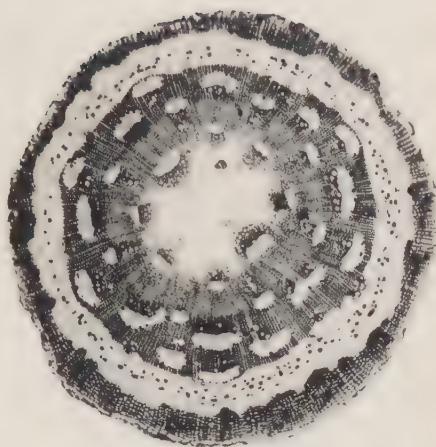


FIG. 2. *Obione portulacoides*.
Tige coupée au-dessous d'un paquet de
fortes racines adventives (même marcottage
que le précédent et tige de même âge).



FIG. 3. *Aubergine* sujet de *Tomate*.

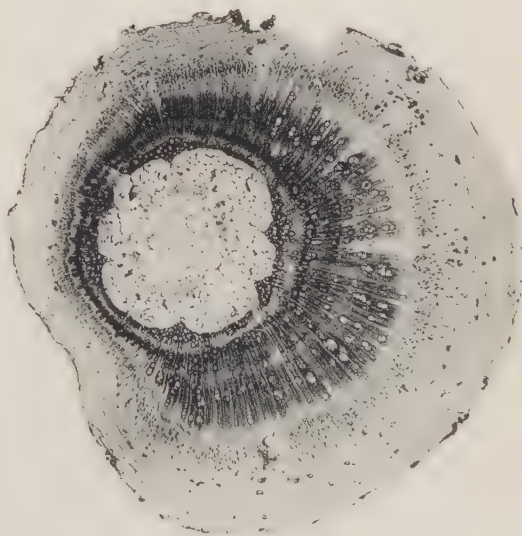


FIG. 4. *Tomate* sujet d'*Aubergine*.

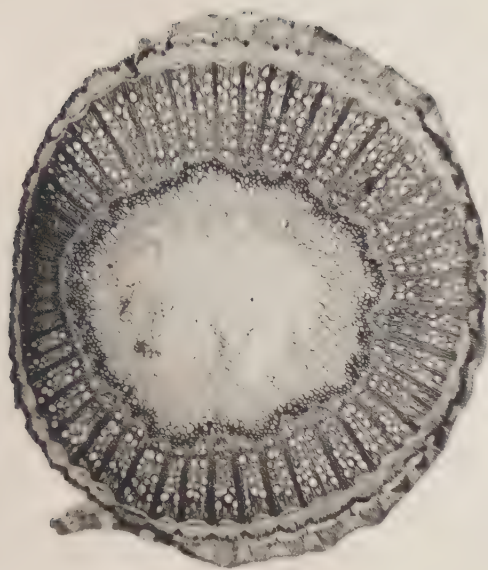


FIG. 1. *Tige de Vigne* (1202 Couderc),
ayant subi une taille en vert précoce.

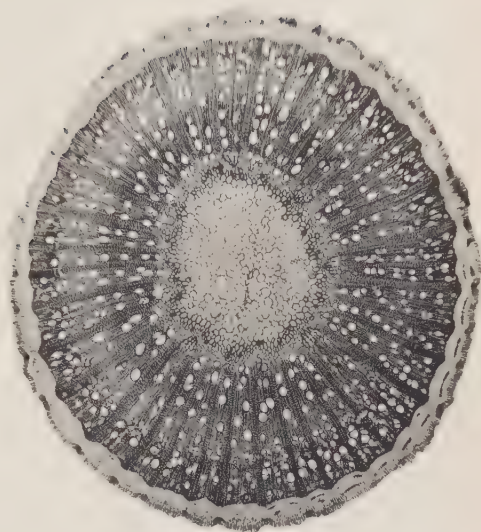


FIG. 2. *Tige de Vigne* (1202 Couderc),
ayant subi une taille en vert précoce et une
taille en vert vers le milieu de la végétation.

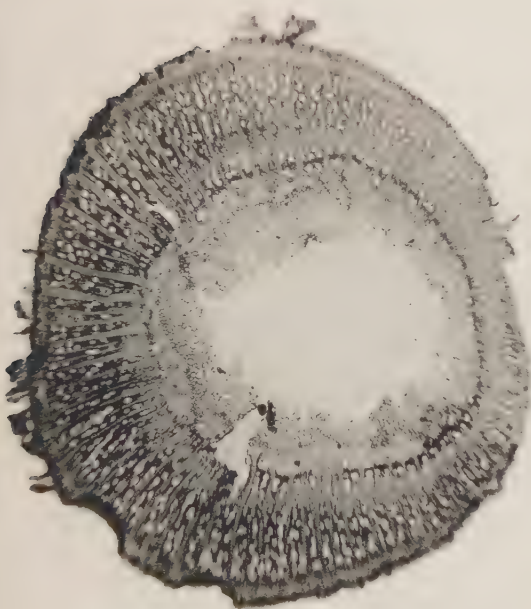


FIG. 3. *Tige de Vigne* (24-23 Baco),
ayant subi deux tailles en vert successives
à des intervalles rapprochés.

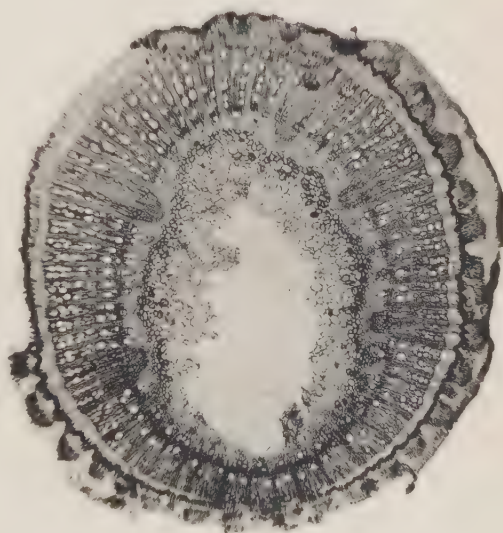


FIG. 4. *Tige de Vigne* (24-23 Baco),
ayant subi une seule taille en vert,
de bonne heure.

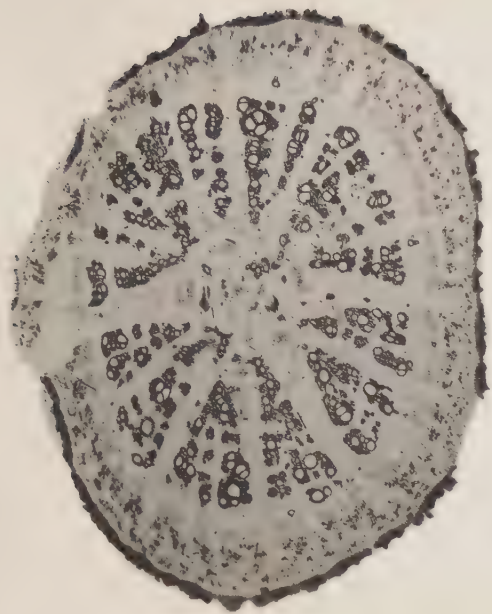


FIG. 1. Racine du Haricot de Soissons annuel.



FIG. 2. Racine du Haricot de Soissons vivace, à racine tuberculeuse.

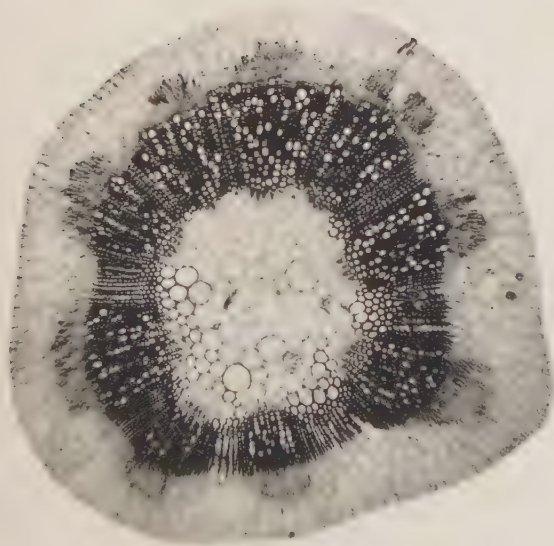


FIG. 3. Tige de Scirpus dressée âgée d'un an.

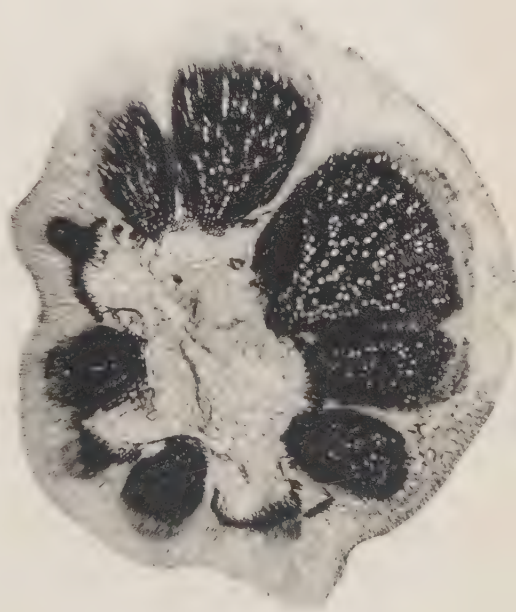


FIG. 4. Tige de Scirpus coupée au-dessous de la partie remontante.

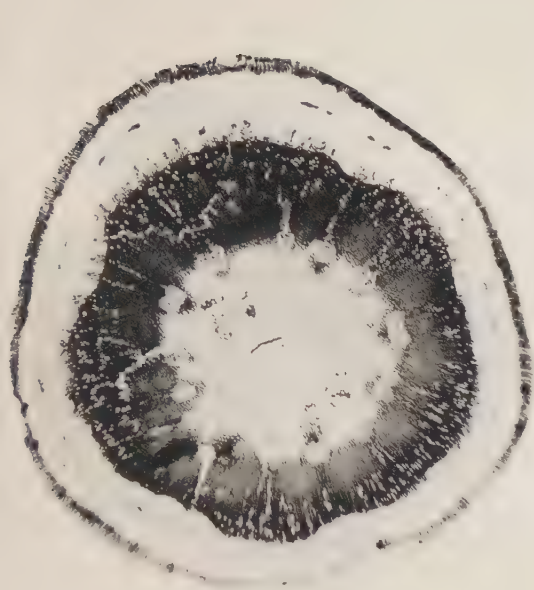


FIG. 1. *Vesicularia utriculata*.
Tige remontante, coupée à la base.

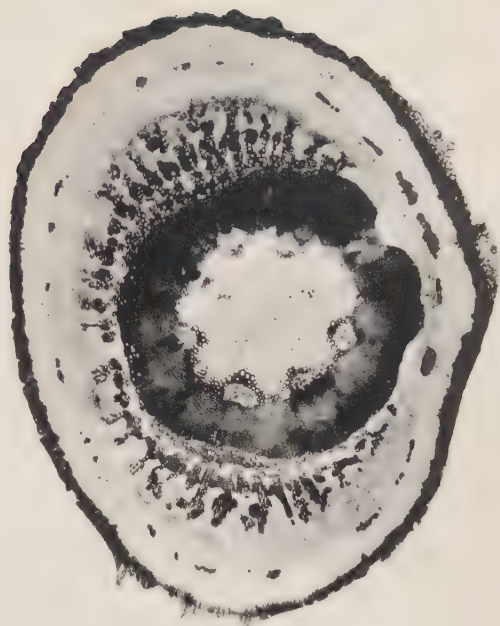


FIG. 2. *Vesicularia utriculata*.
Tige remontante, coupée au-dessous
de deux rosettes presque opposées.

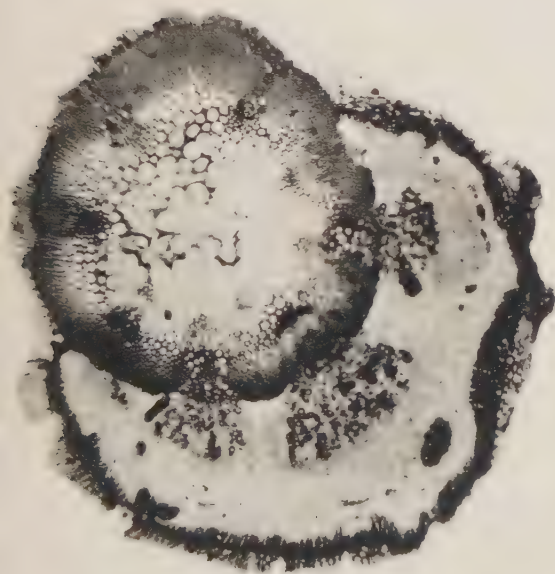


FIG. 3. *Vesicularia utriculata*.
Tige remontante, coupée au-dessous de
la dernière rosette.

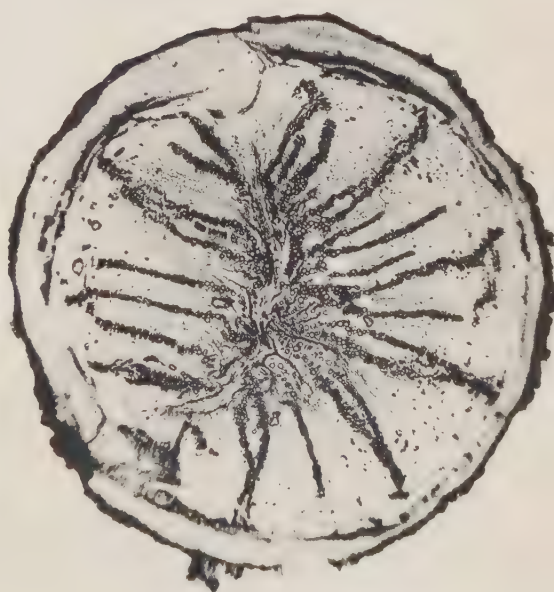


FIG. 4. *Scorzonera hispanica*.
Racine âgée, après la fructification.

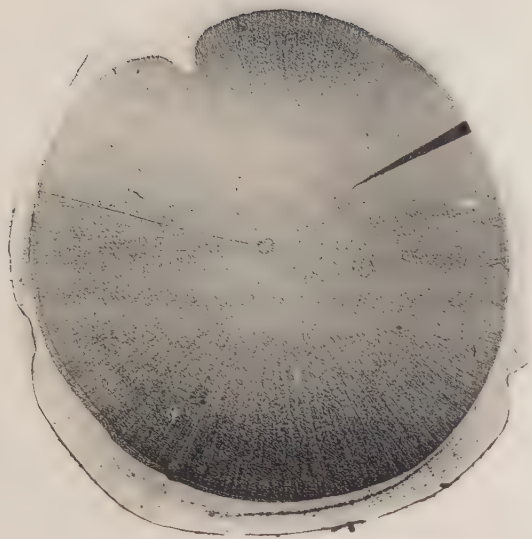


FIG. 1. *Jeune Scion de Pommier*
 âgé de deux ans, greffé, mais dont le greffon
 n'a pas poussé la deuxième année.



FIG. 2. *Jeune Scion de Pommier*
 âgé de deux ans, greffé, mais dont le greffon
 a poussé normalement la deuxième année.



FIG. 3. *Laitue d'hiver*, dont les feuilles ont
 été gelées l'hiver et dont la tige florale
 se développe avec difficulté au printemps.



FIG. 4. *Tige couchée dorsiventrals de Pachysandra*
procumbens, âgée de huit ans.

